Aquífero Guarani

Manual de Perfuração de Poços Tubulares para Investigação e Captação de Água Subterrânea

Acuífero Guaraní

Manual de Perforación de Pozoz Tubulares para Investigación y Captación de Agua Subterránea

7

Série Manuais e Documentos Técnicos do Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani

Serie Manuales y Documentos Técnicos del Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní

**Projeto de Proteção Ambiental
e Desenvolvimento Sustentável
do Sistema Aqüifero Guarani**

**Proyecto para la Protección
Ambiental y Desarrollo Sostenible
del Sistema Acuífero Guaraní**

Projeto de Proteção Ambiental
e Desenvolvimento Sustentável
do Sistema Aqüifero Guarani

Proyecto para la Protección
Ambiental y Desarrollo Sostenible
del Sistema Acuífero Guaraní

Manual de Perfuração de Poços Tubulares para Investigação e Captação de Água Subterrânea no "Sistema Aqüifero Guarani"

Manual de Perforación de Pozos Tubulares para Investigación y Captación de Agua Subterránea en el "Sistema Acuífero Guaraní"

Série "Manuais e Documentos Técnicos do Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aqüifero Guarani"

Serie "Manuales y Documentos Técnicos del Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní"

Manual de Perfuração de Poços Tubulares para Investigação e Captação de Água Subterranea no «Sistema Aquifero Guarani»
Primeira edição, Montevideo, 2007
ISBN 978-9974-96-266-8
176 pp 210 x 297 mm

Manual de Perforación de Pozos Tubulares para Investigación y Captación de Água Subterránea en el «Sistema Acuifero Guaraní»
Primera edición, Montevideo, 2007
ISBN 978-9974-96-266-8
176 pp 210 x 297 mm

Esta obra está disponível em versão eletrônica em:
http://www.sg-guarani.org/manualp

Esta obra está disponible en versión electrónica en:
http://www.sg-guarani.org/manualp

O presente manual foi basicamente elaborado com a seguinte equipe:

Coordenação Geral:

Geólogo Valter Galdiano Gonçales

Colaboradores:

Geólogo Mário Nascimento Souza Filho

Geólogo Ivanir Borella Mariano

Geólogo Carlos Eduardo Quaglia Giampá

Por la Secretaría Geral do Projeto SAG:

Supervisão Geral: **Dr. Jorge Néstor Santa Cruz**

Revisão Final: **Lic. Alberto Manganelli**

Plan de Obra e Desenho Editorial: **Lic. Roberto Montes**

Desenho Gráfico: **Dg. Rocío Sampognaro**

E ainda com a revisão e observações de:

Lic. Maria Santi (Dirección Provincial de Hidráulica, Entre Ríos, Argentina)

Ing. Jorge de los Santos (Consorcio Guarani)

Ing. Alejandro Oleaga (Consorcio Guarani)

y sugerencias vertidas en www.sg-guarani.org

El presente manual fue básicamente elaborado con el siguiente equipo:

Coordinación General:

Geólogo Valter Galdiano Gonçales

Colaboradores:

Geólogo Mário Nascimento Souza Filho

Geólogo Ivanir Borella Mariano

Geólogo Carlos Eduardo Quaglia Giampá

Por la Secretaría General del Proyecto SAG:

Supervisión General: ***Dr. Jorge Néstor Santa Cruz***

Revisión Final: ***Lic. Alberto Manganelli***

Plan de Obra y Diseño Editorial: ***Lic. Roberto Montes***

Diseño Gráfico: ***Dg. Rocío Sampognaro***

Y también con la revisión y observaciones de:

Lic. Maria Santi *(Dirección Provincial de Hidráulica, Entre Ríos, Argentina)*

Ing. Jorge de los Santos *(Consorcio Guarani)*

Ing. Alejandro Oleaga *(Consorcio Guarani)*

y sugerencias vertidas en www.sg-guarani.org

PREFÁCIO

O Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aqüífero Guarani é uma iniciativa da Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai para aumentar o conhecimento do referido aqüífero e propor medidas de caráter técnico, legal e institucional para sua gestão sustentável. Está sendo executado dentro do período 2003-2008 seguindo componentes e atividades definidas.

O mesmo está organizado em sete «componentes» com atividades inter-relacionadas que caracterizam o Sistema Aqüífero Guarani em função de suas particularidades e comportamento, seu aproveitamento e preservação, seu relacionamento com as comunidades e instituições, e as necessidades de plane-jamento e ordenamento para melhorar a gestão sustentável de suas águas. No componente do conhecimento se inscreve a execução deste Manual de Perfurações, conseqüentemente com a iniciativa de que todos os produtos obtidos em forma de dados e conhecimento devem ser traduzidos e compatibilizados com termos práticos e concretos que sirvam ou orientem convenientemente aos gestores, legisladores e políticos para poder preparar e aplicar tecnicamente, com bases mais sólidas, as regulamentações necessárias para o manejo, regulação e proteção das perfurações do Sistema Aqüífero Guarani.

PRÓLOGO

El Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero es una iniciativa de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay para aumentar el conocimiento del mismo proponiendo medidas de carácter técnico, legal e institucional para su gestión sustentable. Se está realizando dentro del período 2003-2008 siguiendo componentes y actividades definidas.

El mismo está organizado en siete «componentes» con actividades inter-relacionadas que caracterizan el Sistema Acuífero Guaraní en función de sus particularidades y comportamiento, su aprovechamiento y preservación, su relacionamiento con las comunidades e instituciones, y las necesidades de planificación y ordenamiento para mejorar la gestión sustentable de sus aguas. En el componente del conocimiento se inscribe la ejecución de este Manual de Perforaciones, consecuentemente con la iniciativa de que todos los productos obtenidos en forma de datos y conocimiento tienen que traducirse y compatibilizarse en aquellos términos prácticos y concretos que sirvan u orienten convenientemente a los gestores, legisladores y políticos para poder preparar y aplicar técnicamente, con bases más sólidas, las reglamentaciones necesarias para el manejo, regulación y protección de las perforaciones del Sistema Acuífero Guaraní.

Luiz Amore
Secretário Geral do Projeto
Secretario General del Proyecto

Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aqüífero Guarani

Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní

PREFÁCIO

O Sistema Aqüífero apresenta áreas de afloramento e recarga, e também extensos setores de trânsito com águas subterrâneas tanto salgadas como doces, e artesianismo com temperaturas de origem geotérmica de 60° C e superiores.

Para seu estudo há necessidade de aplicar metodologias geológicas, geofísicas e hidrogeológica que em grande parte se assemelham às utilizadas para a prospecção petrolífera. Isso demonstra a particularidade do mesmo e os desafios científico-tecnológicos para seu estudo e avaliação em virtude da complexidade geológico-estrutural dos corpos aqüíferos e das características hidráulicas apresentadas. Este Manual de Perfurações, fruto também de um trabalho participativo via sítio Web do Projeto, pretende contemplar as necessidades da maioria das situações do Sistema Aqüífero, recolhendo as melhores experiências na região, propondo processos técnicos e de construções com alto grau de sustentabilidade. Foi pensado para, dentro do possível, resolver na prática as situações próprias da execução das perfurações aplicando métodos provados e aceitos universalmente.

PRÓLOGO

El Sistema Acuífero presenta áreas de afloramiento y recarga, y también extensos sectores de tránsito con aguas subterráneas tanto saladas como dulces, y artesianismo con temperaturas de origen geotérmico de 60° C y aún más.

Para su estudio hay necesidad de aplicar metodologías geológicas, geofísicas e hidrogeológicas que en gran parte se asimilan a las utilizadas para la prospección petrolera. Todo ello demuestra la particularidad del mismo y los desafíos científico-tecnológicos para su estudio y evaluación en virtud de la complejidad geológico estructural de los cuerpos acuíferos y las características hidráulicas presentadas. Este Manual de Perforaciones, fruto también de un trabajo participativo vía el sitio Web del Proyecto, pretende contemplar las necesidades de todas las situaciones del Sistema Acuífero, recogiendo las mejores experiencias en la región, proponiendo procesos técnicos y construcciones con alto grado de sustentabilidad. Fue pensado para en lo posible resolver prácticamente situaciones propias de la ejecución de las perforaciones aplicando métodos probados y aceptados universalmente.

Jorge Néstor Santa Cruz
Coordenador Técnico 1 do Projeto
Coordinador Técnico 1 del Proyecto

Equipe do Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aqüífero Guarani

Responsáveis Nacionais:

Por Argentina: Fabián López
Por Brazil: João Bosco Senra
Por Paraguai: Alfredo Molinas
Por Uruguai: Víctor Rossi

Coordenadores Nacionais:

Por Argentina: Miguel Angel Giraut / María Josefa Fioriti – María Santi
(Co-coordenadoras Nacionais)
Por Brazil: Julio Thadeu Kettelhut
Por Paraguai: Elena Benítez
Por Uruguai: Alejandro Arcelus

Representantes OEA:

Jorge Rucks, Pablo González, Enrique Bello

Representantes Banco Mundial:

Abel Mejía, Douglas Olson, Samuel Taffesse.

Secretaría Geral:

Secretario Geral: Luiz Amore
Coordenador Técnico: Jorge Néstor Santa Cruz
Coordenador Técnico: Daniel García Segredo
Coordenador de Comunição: Roberto Montes
Coordenador de Administração: Luis Reolon
Asistente Técnico: Alberto Manganelli
Responsavel de Informática: Gabriel Menini
Auxiliar Administrativa: Alejandra Griotti
Secretaria Bilingüe: Mariángel Valdés

Facilitadores Locais (Projetos piloto):

Concordia-Salto: Enrique Massa
Rivera-Santana do Livramento: Achylles Bassedas
Itapúa: Alicia Eisenkolbl
Ribeirão Preto: Heraldo Campos

Secretaría Geral, Luis Piera 1992 2° piso, Edificio Mercosur,
CP: 11200, Montevideo, Uruguay
Tel/fax: (+598 2) 410 0337
sag@sg-guarani.org
www.sg-guarani.org

Equipo del Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní

Responsables Nacionales:

Por Argentina: *Fabián López*
Por Brasil: *João Bosco Senra*
Por Paraguay: *Alfredo Molinas*
Por Uruguay: *Víctor Rossi*

Coordinadores Nacionales:

Por Argentina: *Miguel Angel Giraut / María Josefa Fioriti – María Santi*
(Co-coordinadoras Nacionales)
Por Brasil: *Julio Thadeu Kettelhut*
Por Paraguay: *Elena Benítez*
Por Uruguay: *Alejandro Arcelus*

Representantes OEA:

Jorge Rucks, Pablo González, Enrique Bello

Representantes Banco Mundial:

Abel Mejía, Douglas Olson, Samuel Taffesse.

Secretaría General:

Secretario General: Luiz Amore
Coordinador Técnico: Jorge Néstor Santa Cruz
Coordinador Técnico: Daniel García Segredo
Coordinador de Comunicación: Roberto Montes
Coordinador de Administración: Luis Reolon
Asistente Técnico: Alberto Manganelli
Responsable de Informática: Gabriel Menini
Auxiliar Administrativa: Alejandra Griotti
Secretaria Bilingüe: Mariángel Valdés

Facilitadores Locales (Proyectos piloto):

Concordia-Salto: Enrique Massa
Rivera-Santana do Livramento: Achylles Bassedas
Itapúa: Alicia Eisenkolbl
Ribeirão Preto: Heraldo Campos

Secretaría General, Luis Piera 1992 2° piso, Edificio Mercosur,
CP: 11200, Montevideo, Uruguay
Tel/fax: (+598 2) 410 0337
sag@sg-guarani.org
www.sg-guarani.org

INDICE GERAL

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

1 INTRODUÇÃO

O Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aqüífero Guarani executado pelas UNEP´S dos quatro países onde sobejasse o SAG, com aportes próprios e do GEF (BM) administrados pela OEA, prévio um conjunto de atividades as quais vem sido ou serão licitadas oportunamente, dentro das quais se desarrolha o projeto «Hidrogeología Geral, Termalismo y Modelo Regional do Aqüífero Guarani».

O Consórcio Guarani, integrado pelas consultoras Tahal Engineers Ltda. (Israel), SEINCO SRL. (Uruguai), Hidrocontrol S.A. (Paraguai), Arcadis Hidroambiente S.A. (Brasil), Hidroestructuras S.A. (Argentina) foi contratado para o desenvolvimento desta última atividade a qual é básica e tem a seu cargo a elaboração de distintos produtos técnicos com a informação disponível e aquela que se gere em projetos afins já licitados para a obtenção de dados de campo.

Dentro dos cometidos do Consórcio se acham a elaboração de produtos y manuais operativos e sua apresentação aos interessados diretos em seminários y oficinas de trabalhos, organizados para expor, comentar e discutir os aspectos técnicos que tais atividades abarcam.

O «Manual de Perfuração de Poços Tubulares para a Investigação e Captação da Água no SAG» é o primeiro produto solicitado que o Consórcio Guarani apresenta aqui como a primeira contribuição ao ordenamento das técnicas usuais por parte das distintas companhias de construção de perfurações no território onde se estende o SAG.

Este Manual contém especificações técnicas enfocadas na construção de captações no Sistema Aqüífero Guarani.

1 INTRODUCCIÓN

El Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní ejecutado por las UNEP´S de los cuatro países donde subyace el SAG, con aportes propios y del GEF (BM) administrados por la OEA, previó un conjunto de actividades las cuales vienen siendo o serán licitadas oportunamente, entre los cuales se desarrolla el proyecto «Hidrogeología General, Termalismo y Modelo Regional del Acuífero Guaraní».

El Consorcio Guaraní, integrado por las consultoras Tahal Engineers Ltda. (Israel), SEINCO SRL. (Uruguay), Hidrocontrol S.A. (Paraguay), Arcadis Hidroambiente S.A. (Brasil), Hidroestructuras S.A. (Argentina) fue contratado para el desarrollo de ésta última actividad, la cual es básica y tiene a su cargo la elaboración de distintos productos técnicos, con la información disponible y aquella que se genere en proyectos afines, ya licitados para la obtención de datos de campo.

Dentro de los cometidos del Consorcio se encuentran la elaboración de productos y manuales operativos, y su presentación a los interesados directos en seminarios y talleres de trabajo, organizados para exponer, comentar y discutir los aspectos técnicos que tales actividades abarcan.

El «Manual de Perforación de Pozos Tubulares para la Investigación y Captación de Agua en el SAG» es el primer producto solicitado, que el Consorcio Guaraní presenta aquí como la primera contribución al ordenamiento de las técnicas usuales, por parte de las distintas compañías de construcción de perforaciones en el territorio donde se extiende el SAG.

Este manual contiene especificaciones técnicas enfocadas en la construcción de captaciones en el Sistema Acuífero Guaraní.

Figura 1.- Localização do Aqüífero Guarani
Fuente: www.sg-guarani.org

Figura 1.- *Localización del Acuífero Guaraní*

Fuente: www.sg-guarani.org

2 OBJETIVO

Gerar um marco técnico que estabeleça as condições mínimas para a realização de poços tubulares no SAG e permita uma investigação ou perfuração para a extração da água subterrânea em forma eficiente e sustentável. A mesma em geral è compatível com técnicas e normativas quanto regionais como internacionais na matéria como também o estudo de experiências prévias na perfuração do SAG.

2 OBJETIVO

Generar un marco técnico que establezca las condiciones mínimas para la realización de pozos tubulares en el SAG, y permita una investigación o perforación para la extracción de agua subterránea en forma eficiente y sustentable. El mismo en general es compatible con las técnicas y normativas tanto regionales como internacionales en la materia, como también el estudio de experiencias previas en las perforaciones del SAG.

3 INFORMAÇÕES BASICAS CONSIDERADAS

3.1 Características típicas do empreendimento

A construção de poços tubulares para a captação de água subterrânea, por se tratar de uma obra de hidrogeologia, deve ser executada segundo normas de elaboração de projetos bem como de normas para a construção de poços tubulares profundos.

Nos procedimentos a serem adotados, dois pontos básicos a serem avaliados são: viabilidade técnica de captação do recurso hídrico subterrâneo e, viabilidade econômica do empreendimento.

A viabilidade técnica da captação do recurso hídrico está caracterizada pela elaboração de um projeto construtivo que atenda ao binômio «o que eu tenho», «o que eu quero» e ao atendimento de normas que otimizem a exploração racional e sustentável do recurso hídrico subterrâneo.

Com base na vazão requerida, na existência do aqüífero na área em questão, através de mapas geológicos, mapas temáticos de tendências, cadastramento de dados de poços perfurados no entorno do ponto em estudo é elaborado um projeto básico para a perfuração de um poço tubular.

Neste projeto estarão contemplados todos os dados possíveis, os geológicos, hidrogeológicos, características dos materiais para a perfuração bem como dos materiais para a completação, equipamento de bombeamento, potência a ser instalada, adução ao ponto de distribuição, controle da produção e esquema de manutenção preventiva. Com todos estes dados

3 INFORMACIONES BÁSICAS CONSIDERADAS

3.1 Características típicas del emprendimiento

La construcción de pozos tubulares para la captación de agua subterránea, por tratarse de una obra de hidrogeología, debe ser ejecutada siguiendo normas de elaboración de proyectos así como de construcción de pozos tubulares profundos.

En los procedimientos se considerarán dos puntos básicos: viabilidad técnica de captación del recurso hídrico subterráneo y viabilidad económica del emprendimiento.

La viabilidad técnica de captación del recurso hídrico está caracterizada por la elaboración de un proyecto constructivo que atienda al binomio «lo que yo tengo» - «lo que yo quiero», y al cumplimiento de normas que optimicen la explotación racional y sustentable del recurso hídrico subterráneo.

Con base en el caudal requerido, en la existencia del acuífero en el área en consideración, a través de mapas geológicos, mapas temáticos de tendencias, recopilación de información de pozos perforados en el entorno del punto en estudio, es elaborado un proyecto básico para la perforación de un pozo tubular.

En este proyecto estarán contemplados todos los datos posibles, los geológicos, hidrogeológicos, características de los materiales para la perforación así como los materiales para el entubado, equipo de bombeo, potencia a ser instalada, tubería al punto de distribución, control de producción y esquema de mantenimiento preventivo.

coligidos se elabora o estudo da viabilidade econômica do empreendimento e se define sua exeqüibilidade ou não.

3.2 Finalidade do uso do recurso hídrico

A finalidade do uso do recurso hídrico é direcionada para o consumo humano. Secundariamente, para atender projetos nas regiões abrangidas que necessitem do recurso para o seu desenvolvimento agroindustrial, e outros.

Desta forma podemos elencar os seguintes segmentos prioritários passiveis de uso do recurso hídrico subterrâneo:

- Abastecimento Público;
- Dessedentação – Animais;
- Abastecimento Industrial;
- Projetos de Irrigação;
- Projetos Termais e Lazer;

3.2.1 Abastecimento Publico

Na área abrangida pelo SAG muitos municípios (cidades, vilas) utilizam o bem para atender a demanda quase sempre crescente da comunidade. Em geral, cada localidade (município, departamento etc) situada na área abrangida pelo aqüífero, deverá dispor de estudos locais para caracterizar suas condições, potencialidades e riscos, bem como definir as condições de exploração adequada para aquela localidade, da tal maneira que se privilegie sempre o equilíbrio e a exploração sustentada do aqüífero.

3.2.2. Dessedentação - Animais

Considera-se as necessidades de abastecimento e suprimento tanto de animais criados em cativeiro quanto a de animais silvestres em suas condições naturais, de acordo com as peculiaridades de cada espécie.

3.2.3. Abastecimento Industrial

Observa-se na área do SAG a implantação de centenas de indústrias que são supridas totalmente com água do Aqüífero Guarani. São indústrias do setor alimentício, de bebidas e sucos, de álcool e açúcar, química e derivados, petroquímica, etc. Estas indústrias utilizam de forma intensiva o aqüífero e em pequena escala competem mesmo com o abastecimento público.

Con todos éstos datos colectados se elabora el estudio de viabilidad económica del emprendimiento y se define su factibilidad o no.

3.2 Finalidad de uso del recurso hídrico

La finalidad de uso del recurso hídrico está dirigida al consumo humano. Secundariamente para atender a proyectos en regiones comprendidas que necesitan del recurso para el desarrollo agroindustrial entre otros.

De esta manera se pueden enunciar las siguientes actividades prioritarias con posibilidad de uso del recurso hídrico subterráneo:

- *Abastecimiento Público;*
- *Abrevamiento de animales;*
- *Abastecimiento Industrial;*
- *Proyectos de Riego*
- *Proyectos termales y de recreación;*

3.2.1 Abastecimiento Público

En el área comprendida por el SAG muchos municipios (ciudades, villas) utilizan el recurso hídrico subterráneo para atender la demanda, generalmente creciente de la comunidad. En general, cada localidad (Municipio, Departamento, etc.) situada en el área comprendida por el acuífero, deberá disponer de estudios locales que caractericen sus condiciones, potencialidades y riesgos, así como definir las condiciones de explotación adecuada para la localidad, de tal manera que se respete siempre el equilibrio y la explotación sustentable del acuífero.

3.2.2 Abrevamiento de animales

Se consideran las necesidades de abastecimiento y suplemento tanto de animales criados en cautiverio como de animales salvajes en condiciones naturales, de acuerdo con las peculiaridades de cada especie.

3.2.3 Abastecimiento Industrial

Se observa en el área del SAG la implantación de centenares de industrias que son abastecidas totalmente con agua del Acuífero Guaraní. Son industrias del sector alimenticio, de bebidas y jugos, de alcohol y azúcar, química y derivados, petroquímica, etc. Estas industrias utilizan de forma intensiva el acuífero, y en pequeña escala compiten igualmente con el abastecimiento público.

3.2.4. Projetos de Irrigação

Normalmente em se tratando de empreendimento objetivando o uso intensivo de irrigação; vazão é o ponto critico a ser alcançado e os volumes explorados são significativos. A preocupação neste caso (assim como em todos os demais) se acentua pela necessidade de um rígido controle da produção, bem como da perfuração, objetivando a exclusão da possibilidade de contaminações por produtos agrotóxicos e outros, comuns em áreas de irrigação. Deve-se ressaltar que se trata de uma área onde é crescente a utilização da água subterrânea do SAG para atendimento da demanda existente.

3.2.5. Projetos Termais e Lazer

Em se tratando de empreendimentos termais, a temperatura da água produzida é fundamental.

Em grande área do SAG é possível se projetar e explorar empreendimentos que tenham como foco a associação de lazer a termalismo.

Associar a questão de surgência é uma outra condicionante que dependerá do nível piezométrico do aqüífero na região de interesse. Uma vez que a superfície piezométrica seja mais elevada que a cota do terreno, se terá a surgência, ainda que esta situação possa se alterar no tempo.

Ressalte-se ainda que com os atuais conhecimentos tecnológicos, não tem sido viável a exploração econômica, desta fonte de calor em projetos de geração de energia.

3.2.4 Proyectos de Riego

Normalmente se trata de emprendimientos con riego intensivo; el caudal es el punto crítico para ser alcanzado, y los volúmenes de explotación resultan significativos. La preocupación en este caso (así como en todos los demás) se acentúa, debido a la necesidad de un rígido control de producción, así como de perforaciones, enfocándose en la eliminación de posibilidad de contaminación por productos agro-tóxicos y otros, comunes en áreas de riego. Se debe destacar que se trata de un área donde es creciente la utilización de agua subterránea del SAG para la respuesta a la demanda existente.

3.2.5 Proyectos termales y de recreación

Tratándose de emprendimientos termales, la temperatura del agua obtenida es fundamental.

En una amplia área del SAG es posible que se proyecten y desarrollen emprendimientos que tengan como objetivo la vinculación entre recreación y termalismo.

La surgencia es una condicionante que dependerá del nivel piezométrico del acuífero en la región de interés. Cuando la superficie piezométrica esté por encima de la cota de terreno, entonces se tendrá surgencia; cabe destacar que esta situación puede cambiar con el tiempo.

Se hace notar que con los actuales conocimientos tecnológicos, no ha sido viable la explotación económica de esta fuente de calor en proyectos de generación de energía.

4 ESTUDOS E LEVANTAMENTOS

As avaliações hidrogeológicas, os projetos básicos e as obras de captação de águas subterrâneas visam a obtenção de informações sobre aspectos quantitativos e qualitativos do aqüífero, que permitam sua exploração racional e em conseqüência deverão ser realizados por profissionais, hidrogeólogos, empresas ou instituições devidamente habilitadas.

4.1 Contexto geológico regional e local

O local a ser escolhido para a perfuração de um poço profundo, deverá ser o resultado de um estudo regional e de avaliação local, com o objetivo de se dispor das informações e conhecimentos da litoestratigrafia, quantificando o topo e a espessura das formações, das condições estruturais predominantes, e de outras feições que possam alterar as condições hidrogeológicas locais e hidroquímicas.

4.2 Contexto hidrogeológico regional e local

O levantamento deve iniciar com as informações de estudos geológicos e hidrogeológicos regionais que caracterizam o aqüífero, que será complementada por um cadastramento de poços perfurados, e dados geofísicos (sondagens e perfilagens) que poderão fornecer dados sobre:

4.2.1. Caracterização do sistema aqüífero

- Superfície do topo e espessura da formação;
- Superfície piezométrica
- Condições hidrodinâmicas do aqüífero:
  - livre / semi-livre
  - semi-confinado
  - confinado
- Características hidrogeoquímicas da água

Com as informações obtidas se poderá elaborar o projeto básico construtivo do poço.

A compilação e interpretação destes dados é fundamental para se poder diferenciar na conclusão da perfuração, se as características hidrodinâmicas obtidas refletem as condições do poço ou do aqüífero, uma vez que elas podem estar alteradas pela condição técnica da perfuração e do próprio projeto do poço tubular.

4 ESTUDIOS Y RELEVAMIENTOS

Las evaluaciones hidrogeológicas, los proyectos básicos y las obras de captación de agua subterránea, procuran la obtención de información sobre aspectos cuantitativos y cualitativos del acuífero, que permitan su explotación racional, y en consecuencia deben ser realizados por profesionales, hidrogeólogos, empresas o instituciones debidamente habilitadas.

4.1 Contexto geológico regional y local

El lugar escogido para la perforación de un pozo profundo, debe ser el resultado de un estudio regional y de evaluación local, con el objetivo de disponer de información y conocimiento de la litoestratigrafía, cuantificando el techo y el espesor de las formaciones, las condiciones estructurales predominantes, y de otros elementos que pueden alterar las condiciones hidrogeológicas locales e hidroquímicas.

4.2 Contexto hidrogeológico regional y local

El análisis debe comenzar con la información de estudios geológicos e hidrogeológicos regionales que caractericen el acuífero, que será complementado con el relevamiento de los pozos perforados y datos geofísicos (sondeos y perfilajes) que podrán ofrecer datos sobre:

4.2.1. Caracterización del sistema acuífero

- Techo y espesor de la formación
- Superficie piezométrica
- Condiciones hidrodinámicas del acuífero
  - Libre / Semi-libre
  - Semi-confinado
  - Confinado
- Características hidrogeoquímicas del agua

Con la información obtenida se podrá elaborar un proyecto básico constructivo de pozo.

La interrelación e interpretación de estos datos es fundamental para poder diferenciar al concluir la perforación, si las características hidrodinámicas obtenidas reflejan las condiciones del pozo o del acuífero, o puedan estar alteradas por las condiciones técnicas de la perforación y del propio proyecto de pozo tubular.

5 PERFURAÇÃO DE POÇOS

5.1 Introdução

A perfuração de poços tubulares requer técnicas e tecnologias apropriadas, pessoal habilitado e equipamentos adequados.

Como conseqüência da própria natureza dos trabalhos, os investimentos e riscos tanto operacionais quanto financeiros, são maiores. Na perfuração desses poços o êxito dos trabalhos depende de uma serie de fatores de ordem técnica e geológica, encabeçados pela escolha do local a perfurar e depois a seleção do método de perfuração a ser adotado. Nunca esqueçamos que «um poço é uma obra e não um buraco», através do qual se capta águas subterrâneas.

Admitido este princípio todas as precauções devem ser tomadas para que o poço seja tecnicamente bem construído, convertendo-se numa obra economicamente rentável. Dentre os requisitos destacam-se: a locação, o projeto e a seleção do método de perfuração, aos quais o projetista deve estar atento e cercar-se de todos os dados disponíveis para defini-los com a margem de segurança possível.

Desde que definidos o local e o projeto do poço, o projetista deverá indicar o método de perfuração a ser adotado. A escolha do método envolve fatores de ordem técnica e econômica e depende também do tipo de poço que se vai perfurar e quais as suas finalidades.

5.1.1. Tipos ou métodos de perfuração

São conhecidos e empregados vários sistemas de perfuração em solo e rochas, conforme os objetivos a que se destinam, quais sejam:

- Sistemas Mecânicos
  - Percussão à cabo
  - Testemunhagem continua
  - Balde de testemunhagem
- Sistemas com Circulação Direta do Fluido
  - Rotativo com circulação Direta
  - Martelo ou Hammer
  - Hidráulico
- Sistemas com Circulação Reversa do Fluido
  - Rotativo com circulação Reversa

5 PERFORACIÓN DE POZOS

5.1 Introducción

La perforación de pozos tubulares requiere de técnicas y tecnologías apropiadas, personal capacitado y equipamientos adecuados.

Como consecuencia de la propia naturaleza de los trabajos, las inversiones y riesgos tanto operacionales como financieros son importantes. En la perforación de pozos el éxito de los trabajos depende de una serie de factores de orden técnico y geológico, comenzando por la elección del lugar a perforar y luego por la selección del método de perforación adoptado. Nunca se debe olvidar que «un pozo es una obra y no un orificio», a través del cual se capta agua subterránea.

Admitiendo éste principio todas las precauciones deben ser tomadas para que el pozo resulte bien construido, convirtiéndose en una obra económicamente rentable. Entre los requisitos se destacan: la localización, el proyecto y la selección del método de perforación, los cuales el proyectista debe prestar atención y obtener todos los datos disponibles para definir el margen de seguridad posible.

Luego de definir la ubicación y el proyecto del pozo, el proyectista deberá indicar el método de perforación a ser adoptado. La elección del método engloba factores de orden técnico y económico y depende también del tipo de pozo que se perforará y cuales son sus finalidades.

5.1.1 Tipos o métodos de perforación

Son conocidos y empleados varios sistemas de perforación en suelos y rocas, conforme a los objetivos a que se destinan, los cuales son:

- *Sistemas mecánicos*
  - *Percusión con cable*
  - *Sacatestigo continuo*
  - *Barreno con sacatestigo*
- *Sistemas con circulación directa de fluido*
  - *Rotativo con circulación directa*
  - *Martillo o Hammer*
  - *Hidráulico*
- *Sistemas con circulación inversa de fluido*
  - *Rotativo con circulación inversa*

- Rotativo com circulação Reversa com Haste dupla
- Rotativo com circulação Reversa com Haste dupla e martelo

- *Rotativo con circulación inversa con barra doble*
- *Rotativo con circulación inversa con barra doble y martillo*

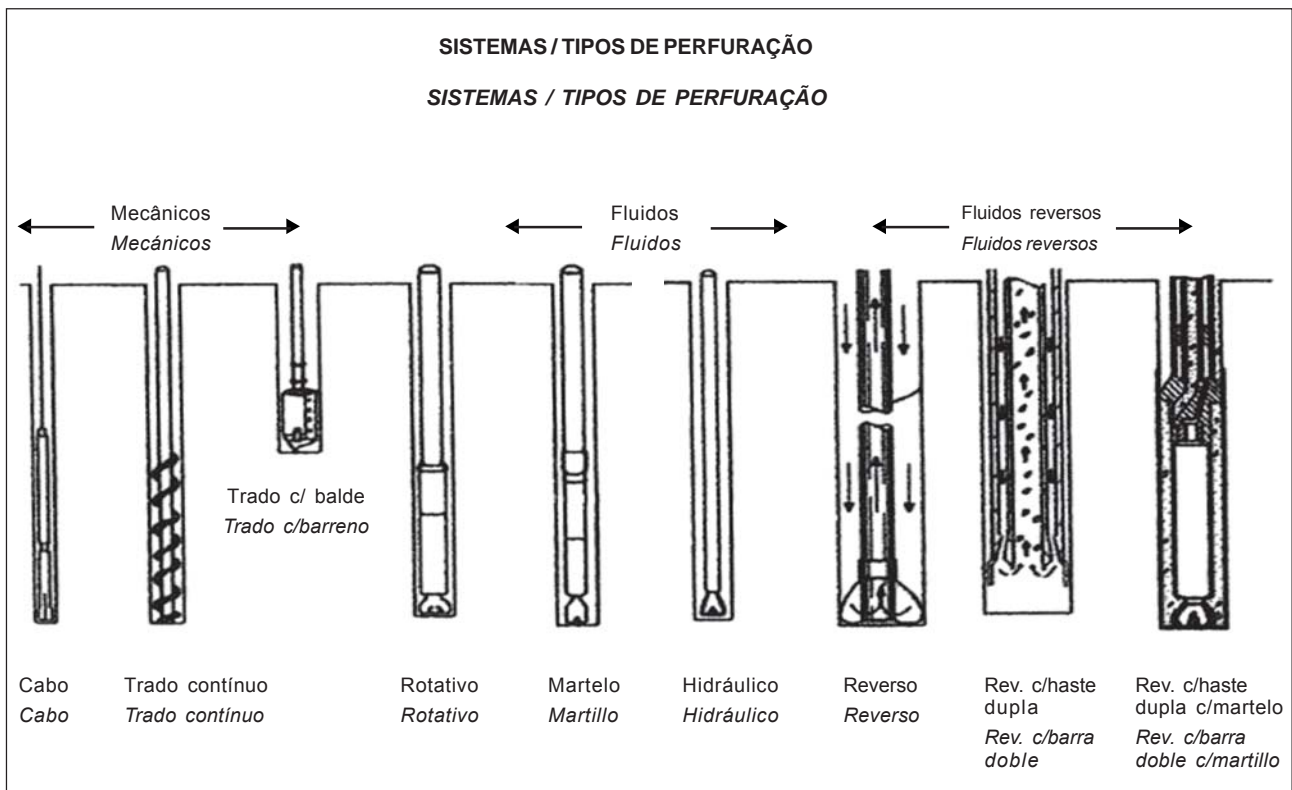



Figura 2.-
Quadro demonstrativo de sistemas de perfuração
Fonte: DH Perfuração

Figura 2.-
Cuadro ilustrativo de sistemas de perforación
Fuente: DH Perfuração

5.2 Aspectos genéricos do Sistema Aqüífero Guarani

É importante ressaltar neste item que as informações básicas disponíveis hoje é que dão as diretrizes básicas aos projetos de captação no SAG. As considerações contidas neste item são decorrentes das observações e constatações da equipe de redação do manual.

Na medida em que novos dados e conhecimentos vierem a ser obtidas, o tratamento aqui sugerido poderá sofrer adaptações e mudanças.

5.2 Aspectos genéricos del Sistema Acuífero Guaraní

Es importante resaltar en este punto que la información básica disponible hoy, es la que define las directrices básicas a los proyectos de captación en el SAG. Las consideraciones contenidas en este ítem son deducidas de las observaciones y constataciones del equipo de redacción del manual.

En la medida en que serán obtenidos nuevos datos y conocimientos, el tratamiento aquí sugerido podrá sufrir adaptaciones y cambios.

O Sistema Aqüífero Guarani, apresenta na sua porção mais conhecida, na região Norte, duas litologias predominantes por debajo estratigráficamente del basalto:

- A parte superior, caracteriza-se pela presença de um arenito eólico, avermelhado, homogêneo, muito fino, friável, com granulometria que se aproxima mais de 0,2 mm. É quartzoso, de espessura variável, da ordem de até 125 metros, alternando-se com poucos ritmitos e siltitos avermelhados de pequena espessura.
- Já na parte inferior, originado em ambiente lacustre e flúvio-lacustre, com predominância de arenitos esbranquiçados, com alguns níveis argilosos e por vezes zonas conglemeráticas. Esta porção caracteriza-se também por possuir uma concentração mais elevada de sólidos totais dissolvidos, na água por ele produzida. Sua espessura em média não ultrapassa o 250 metros.

Quanto a informações e conhecimento, pode-se afirmar que a porção Norte e Central do SAG é mais conhecida e explorada. Assim, o SAG é intensamente explorado no Brasil – nos Estados de São Paulo e Norte do Paraná, bem como nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, Sul de Goiás e de Minas Gerais. É utilizado em menor escala nas regiões Sul do Paraná e nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Nestes estados se observa uma forte compartimentação, decorrente de processos tectônicos mais intensos, que influencia diretamente as condições hidrodinâmicas do aqüífero e de suas potencialidades em determinadas localidades. Nesta porção sul do Aqüífero no território Brasileiro, se observa grandes variações na espessura do arenito, que por vezes não atinge os 40 metros, constituídos por arenitos finos a muito finos, esbranquiçados.

A utilização predominantemente é destinada ao abastecimento público e secundariamente a projetos de irrigação, industriais, de lazer.

No Noroeste do Uruguay, até a divisa com a Argentina, voltam a ocorrer os dois tipos litológicos, ou seja, o arenito eólico avermelhados aparecendo novamente com espessuras semelhante a parte norte (na ordem de 120 metros). Foram feitas observações, que deverão ser melhor avaliadas, a respeito da espessura do pacote sedimentar que atingiria até 1.200 metros, englobando outras formações geológicas,

El Sistema Acuífero Guaraní presenta en su porción más conocida, en la región Norte, dos litologías predominantes por debajo estratigráficamente del basalto:

- *En la parte superior, se caracteriza por la presencia de una arenisca eólica, rojiza, homogénea, muy fina, friable, con granulometría mayor a los 0.2 mm. Es cuarzosa, de espesor variable, hasta un máximo de 125 metros, alternándose con pocos ritmitos y limolitas rojizas de pequeño espesor.*
- *Ya en la parte inferior, originado en ambiente lacustre y fluvio-lacustre, con predominancia de areniscas blanquecinas, con algunos niveles arcillosos y en ocasiones zonas conglomerádicas. Esta porción se caracteriza también por tener una concentración más elevada de sólidos disueltos totales en el agua que se captan de su litología. Su espesor medio no sobrepasa los 250 metros.*

En cuanto a información y conocimiento, se puede afirmar que la porción Norte y Central del SAG es la más conocida y explorada. Así mismo, el SAG es intensamente explotado en el Brasil – en los Estados de San Pablo y Norte de Paraná, así como también en los Estados de Mato Grosso y Mato Grosso del Sur, Sur de Goiás y de Minas Gerais. Es utilizado en menor escala en las regiones de Sur de Paraná y en los Estados de Santa Catarina y Río Grande del Sur. En estos Estados se observa una fuerte compartimentación, resultante de procesos tectónicos más intensos, que influencia directamente en las condiciones hidrodinámicas del acuífero y en su potencialidad en determinadas localidades. En esta porción Sur del acuífero en el territorio Brasilero, se observan grandes variaciones en el espesor de la arenisca, que en ocasiones no alcanza los 40 metros, constituidas por areniscas finas y muy finas blanquecinas.

La utilización predominante es la destinada al abastecimiento público, y secundariamente a proyectos de riego, de industrias y de recreación.

En el Noroeste de Uruguay, hasta la frontera con Argentina, ocurren nuevamente los dos tipos litológicos, o sea, la arenisca eólica rojiza con potencias semejantes a la parte norte (del orden de los 120 metros). Fueron hechas observaciones, que deberán ser mejor evaluadas, respecto al espesor del paquete sedimentario que llegaría hasta los 1200 metros, englobando otras formaciones

localmente arenosas e provavelmente mais antigas e que não se constitui nos arenitos do SAG.

No Paraguai, o SAG aflora ao longo de uma faixa que se extende em toda a região Central, em direção Norte-Sul, paralela ao Rio Paraná. O Paraguai utiliza o SAG para abastecimento de pequenas e media populações, captando especialmente em áreas onde aflora. Em áreas onde o basalto está presente, as captações são feitas com a penetração parcial do arenito, na medida em que são suficientes para prover a demanda de cada localidade. Foram observados, no entanto, perfurações com até 850 metros, quando se perfurou cerca de 150 metros de arenitos do SAG.

Na Argentina, na sua porção mais conhecida, nas províncias de Entre Rios e Missiones, a litologia também é semelhante a da porção Norte do aqüífero. Na parte mais ocidental do território Argentino, se conhece pouco a respeito dos limites e condições do SAG, com poucas informações decorrentes de perfurações para fins termais e ou mesmo de prospecção petrolífera.

Hidrogeologicamente, o Sistema Aqüífero Guarani caracteriza-se por apresentar a sua porção superior como a melhor parte do aqüífero. Sua espessura, como informado, da ordem de 120 metros, limita um pouco a capacidade de produção em zonas de afloramento. Por outro lado, sua porção basal, por vezes argilosa, tem sua produtividade diminuída. A exceção tem ficado por conta de níveis conglomeráticos, nem sempre presentes nesta parte basal.

Outras observações genéricas que se pode fazer diz respeito a aspectos qualitativos da água e do reflexo na caracterização da coluna de revestimento.

Por terem água levemente ácida, com pH em torno de 5,5 , é freqüente a observação do desenvolvimento de colônias de ferro bactérias. Neste caso, em poços com profundidades de até 150 metros, torna-se comum a opção do projetista em adotar uma coluna de revestimento de PVC ou mesmo uma mescla de PVC com secções filtrantes inoxidáveis. Uma forma de minimizar os efeitos da corresão provocada pelos microorganismos é a manutenção periódica e constante, aumentando assim a vida útil do poço.

A ocorrência de derrames de basaltos ao longo de toda a área do SAG, principalmente nas partes mais espessas, na calha central da Bacia, se de um lado protege o aqüífero, de outro contribui para o aumento do pH, bem como em algumas áreas aumenta também o teor de sais totais dissolvidos, principalmente carbonatos.

geológicas, localmente arenosas y probablemente más antiguas y que no constituyen las areniscas del SAG.

En Paraguay, el SAG aflora a lo largo de una faja que se extiende en toda la región Central, en dirección Norte-Sur, paralela al Río Paraná. Paraguay utiliza el SAG para abastecimiento de pequeñas y medianas poblaciones, captando especialmente en áreas donde aflora. En áreas donde el basalto está presente, las captaciones son realizadas con penetración parcial de la arenisca, en la medida que resulta suficiente para satisfacer la demanda de cada localidad. Fueron observadas, sin embargo, perforaciones con hasta 850 metros, cuando se perforaron cerca de 150 metros de arenisca del SAG.

En Argentina, en su porción más conocida en las Provincias de Entre Ríos y Misiones, la litología también es semejante a la de la porción Norte del acuífero. En la parte más occidental del territorio Argentino se conoce poco respecto a los límites y condiciones del SAG, con poca información proveniente de perforaciones con fines termales y lo mismo para prospección petrolífera.

Hidrogeológicamente, el Sistema Acuífero Guaraní se caracteriza por presentar en su porción superior la mejor zona como acuífero. Su espesor, como se mencionó, del orden de los 120 metros, limita un poco la capacidad de producción en zonas de afloramiento. Por otro lado, su porción basal, muchas veces arcillosa, presenta una productividad menor. La excepción es cuando se encuentran niveles conglomerádicos, no siempre presentes en esta parte basal.

Otras observaciones generales que se pueden hacer son respecto al aspecto cualitativo del agua y la implicancia en la caracterización de la columna de revestimiento.

Por tener agua levemente ácida, con pH en el entorno de 5.5, es frecuente observar el desarrollo de colonias de ferro bacterias. En este caso, en pozos con profundidades de hasta 150 metros, se torna común la opción del proyectista de adoptar una columna de revestimiento de PVC o también una mezcla de PVC con secciones filtrantes de acero inoxidable. Una manera de reducir los efectos de corrosión provocada por los microorganismos es el mantenimiento periódico, aumentando así la vida útil del pozo.

La ocurrencia de derrames basálticos a lo largo de toda el área del SAG, principalmente en las partes de mayor espesor, en el centro de la cuenca, protege al acuífero, contribuye al aumento del pH y en algunas áreas aumenta el tenor de sales totales disueltas, principalmente carbonatos.

Em poços mais profundos são conhecidos valores de pH de áte 10,5/10,8 com o íon sódio substituindo o íon cálcio. Por conseqüência as águas bicarbonatas cálcicas passam a bicarbonatas sódicas, aumentando a possibilidade de incrustação de carbonatos de cálcio ao longo da coluna de revestimento. Uma outra conseqüência direta desta situação estará na potencial perda de produção do poço, já que haveria uma redução do % de área aberta dos filtros, com piora dos níveis de bombeamento e a necessidade de aumento das intervenções preditivas e preventivas no sistema.

Com relação à vazão, são comuns volumes produzidos de 50 a 500 m^3/h, em profundidades de até 1200 metros.

Como conseqüência das características litológicas das várias secções perfuradas, da necessidade de se prover de filtros as extensões onde se efetuará a captação e também da necessidade de se propor soluções que tragam uma proteção ao aqüífero em si e a outras partes do poço eventualmente produtoras e que tenham fluído de qualidade diferente, (impedindo até a sua mistura) é que se torna imprescindível a aplicação de uma coluna de revestimento ao longo de toda a secção perfurada. Assim todo poço deve ter um tubo condutor, ou tubo de boca, que isole a formação produtora de contaminantes superfícies, uma câmara de bombeamento, onde se instala o equipamento de produção, e um revestimento de produção nos arenitos a serem completados.

Com o objetivo de qualificar as dois situações mais comuns que envolvem a captação no Sistema Aqüífero Guarani, estamos admitindo a captação em zona de afloramento do aqüífero até 350 metros (figura 3) e em condições em que o mesmo está confinado ou semi-confinado por uma camada de basaltos, acima de 200 metros de profundidade (figura 4).

5.2.1. Captação em zona de afloramento

Trata-se de uma situação relativamente simples, cuja orientação básica é extensiva a outras situações de captação em rochas sedimentares friáveis (e não exclusivamente ao SAG).

O projeto deverá considerar fatores tais como: vazão pretendida, nível esperado, vazão específica e transmissividade regional (quando conhecida) litologia a ser perfurada e em conseqüência se caracterizar as condições de perfuração do poço, seja do diâmetro de perfuração e da coluna de revestimento, seja das proteções a serem adotadas.

En pozos más profundos son conocidos valores de pH de hasta 10.5-10.8, con el ión sodio sustituyendo al ión calcio. Como consecuencia las aguas bicarbonatadas cálcicas pasan a bicarbonatadas sódicas, aumentando la posibilidad de incrustación de carbonatos de calcio a lo largo de la columna de revestimiento. Otra consecuencia directa de esta situación, radica en la potencial pérdida de producción del pozo, dado que habría una reducción del % de área abierta de los filtros, con desmejora de los niveles de bombeo y la necesidad de aumentar las intervenciones predictivas y preventivas del sistema.

Con relación al caudal, son comunes volúmenes explotados de 50 a 500 m^3/h, en profundidades de hasta 1200 metros.

Como consecuencia de las características litológicas de varias secciones perforadas, de la necesidad de colocar filtros donde se efectúa la captación y también de la necesidad de proponer soluciones que brinden una protección al acuífero y a otras partes del pozo eventualmente productoras, y que tengan fluidos de calidad diferente (impidiendo su mezcla), es que resulta imprescindible la instalación de una columna de revestimiento a lo largo de toda la sección perforada. Así mismo todo pozo debe tener una tubería que aísle a la formación productora de contaminantes superficiales, una cámara de bombeo donde se instale el equipo de extracción, y una tubería de revestimiento en la zona de producción de las areniscas en que se coloque filtro.

Con el objetivo de calificar las dos situaciones mas comunes que se presentan en las captaciones en el Sistema Acuífero Guaraní, se está admitiendo la captación en zona de afloramiento de acuífero hasta 350 metros (figura 3) y en condiciones en que el mismo está confinado o semi-confinado por una capa de basaltos, por encima de 200 metros de profundidad (figura 4).

5.2.1 Captación en zona de afloramiento

Se trata de una situación relativamente simple, cuya orientación básica se puede extender a otras situaciones de captación en rocas sedimentarias friables (y no exclusivamente al SAG).

El proyecto deberá considerar factores tales como: caudal pretendido, nivel esperado, caudal específico y transmisividad regional (cuando sea conocida), litología a ser perforada y en consecuencia caracterizar las condiciones de perforación del pozo, diámetro de perforación, columna de revestimiento y protecciones a ser adoptadas.

Por se tratar de uma área de maior vulnerabilidade a contaminação, o projeto deverá adotar medidas que possam de fato assegurar uma efetiva proteção sanitária e ambiental aquele espaço físico. Isto já se fará necessário na caracterização da profundidade de instalação de tubos de proteção sanitária e de selo de cimento que deverá ser aplicado ao longo da parte externa deste revestimento inicial. A recomendação é de que se utilize no mínimo seis metros de revestimento, podendo atingir profundidades de até 30 metros.

Recomenda-se também que o diâmetro mínimo de perfuração não seja inferior a 6" em relação ao diâmetro do revestimento a ser utilizado (mantendo-se um espaço anular livre de 3" no mínimo) . Este assunto será melhor detalhado ainda neste item.

Este espaço anular é suficiente para reter hidraulicamente a areia da formação, que tem cerca de 80% de suas partículas com diâmetro inferior a 0,2 mm. Esta condição justifica e impõe que o pré-filtro a ser utilizado seja bem homogêneo e tenha uma granulometria uniforme, situando-se por ejemplo dentro dos limites 1,0 a 2,0 mm.

No item em que se discute a seleção do pré-filtro (5.4.9), se fala da teoria envolvida na seleção do pré-filtro e do que se pode ajustar na pratica. Antecedendo este ponto, pode-se afirmar que de maneira geral, é possível se trabalhar em grande parte das situações com filtros de alta percentual de área aberta, que otimize o fluxo de água, e que ainda possa manter este fluxo o mais próximo possível de um regime laminar (não turbulento).

Neste aspecto, a utilização de filtros que atendam a padrões comerciais e de pré-filtro, que também possa ser caracterizado e selecionado com antecedência, objetiva reduzir os riscos envolvidos numa eventual interrupção dos trabalhos para se definir e principalmente preparar os materiais que irão compor a coluna de perfuração.

A experiência, principalmente na parte Norte e Central do SAG e até nos estados do Sul do Brasil, correspondendo a praticamente 70% das áreas do SAG, indica a possibilidade de selecionar filtros de, com abertura de 0,75 mm e pré-filtro com variação entre 1,0 a 2,0 mm.

Regionalmente se poderá observar a necessidade de variações neste padrão, o que não invalida o procedimento de se definir e quantificar a coluna já na fase do projeto.

Por tratarse de un área de vulnerabilidad a la contaminación, el proyecto deberá adoptar medidas que puedan de hecho asegurar una efectiva protección sanitaria y ambiental en aquel espacio físico. Esto se hará necesario en la definición de la profundidad de instalación de los tubos de protección sanitaria y del sello de cemento que deberá ser construido a lo largo de la parte externa de éste revestimiento inicial. Se recomienda que se utilice como mínimo seis metros de este revestimiento, pudiendo llegar a profundidades de hasta 30 metros.

Se recomienda también que el diámetro mínimo de perforación no sea inferior a 6", en relación al diámetro de revestimiento a ser utilizado (se mantiene un espacio anular libre de 3" como mínimo). Este tema será mejor detallado en el punto correspondiente.

Este espacio anular es suficiente para retener hidráulicamente la arena de la formación, que tiene cerca del 80% de sus partículas con diámetro inferior a 0.2 mm. Esta condición justifica e impone que el prefiltro a ser utilizado sea homogéneo y tenga una granulometría uniforme, situándose por ejemplo entre los límites de 1.0 a 2.0 mm.

En el ítem en que se discute le selección del prefiltro (5.4.9), se habla de la teoría que respalda la selección del prefiltro y de cómo se puede ajustar en la práctica. Anticipando este punto, se puede afirmar que de manera general, es posible trabajar en gran parte de las situaciones con filtros de alto porcentaje de área abierta, que facilite el flujo de agua, y que además pueda mantener este flujo lo más próximo posible a un régimen laminar (no turbulento).

En este aspecto, la utilización de filtros de patrones comerciales, y de pre-filtro que también puede ser caracterizado y seleccionado con anticipación, tiene por objetivo reducir los riesgos que implica una eventual interrupción de los trabajos para definir y principalmente preparar los materiales que compondrán la columna de perforación.

La experiencia, principalmente en la parte norte y central del SAG y hasta los estados del Sur de Brasil, correspondiente a prácticamente el 70 % del área del SAG, indica la posibilidad de seleccionar filtros, con aberturas de 0.75 mm y prefiltro con un rango de 1.0 a 2.0 mm.

Regionalmente se podrá observar la necesidad de variaciones en este patrón, lo que no invalida el procedimiento de definir y cuantificar la columna ya en la fase de proyecto.

Uma recomendação adicional diz respeito à necessidade de se prover a coluna de revestimento com centralizadores, que deverão ser instalados em intervalos variáveis de 15 a 30 metros, e que assegurará que o pré-filtro envolva de maneira homogênea o revestimento, reduzindo a possibilidade de se constituir «pontes» ou de parte da secção filtrante vir a ficar sem o maciço filtrante.

Ao se levar em conta a vazão pretendida no projeto, deverá ser discutido a questão do diâmetro do bombeador e do motor (se submersível). Desta maneira, esta variável vai confirmar o diâmetro mínimo da câmara de bombeamento (parte da coluna de revestimento destinada a receber o grupo moto bomba e que portanto deverá dispor de espaço adequado para este equipamento e seus acessórios, como cabo elétrico, tubo de medição de nível, eletrodos etc). A extensão da câmara de bombeamento é por outro lado uma função direta do nível piezométrico regional e das condições de transmissividade.

Com relação aos critérios para se definir os diâmetros de perfuração e da coluna de revestimento, pode-se ainda informar que cabe ao projetista e ao executor verificar as disponibilidades regionais e ou que possam mais facilmente serem adquiridas.

Neste capítulo podem-se observar o desenho físico da perfuração, as passagens principais da seção em cada diâmetro.

No mercado sul americano é mais freqüente a disponibilidade de:

a) tubulações para revestimento – de proteção sanitária – nos diâmetros de 12" – 14" – 16" – 18" – 20" e 22" com espessura de 3/16" (4,75mm) ou ¼" (6,35 mm)
b) tubulações para composição da coluna de revestimento – 6 5/8", 8 5/8", 10 3/4", 12 3/4", 14" com espessura de 4,75 mm; 6,35mm; 8,18 mm;
c) filtros também com diâmetros semelhantes ao da coluna de revestimento
d) brocas de perfuração – de 8.1/2" ou 9.5/8" (usualmente utilizadas no denominado perfuração do furo guia), 12.1/4"; 14.3/4"; 17.12"; 20" ; 24"; 26". Algumas adequações, objetivando principalmente a disponibilidade de alargadores em diâmetros intermediários são possíveis.

Una recomendación adicional refiere a la necesidad de colocar centralizadores en la columna de revestimiento, que deberán ser instalados en intervalos variables de 15 a 30 metros, y que asegurarán que el prefiltro envuelva de manera homogénea el revestimiento, reduciendo la posibilidad de generarse «puentes» y que parte de sección filtrante resulte sin el macizo filtrante.

Además de considerar el caudal pretendido en el proyecto, deberá ser analizado el diámetro de la bomba y del motor de la bomba (si es sumergible). De esta manera, esta variable confirmará el diámetro mínimo de la cámara de bombeo (parte de la columna de revestimiento destinada a recibir el grupo motor bomba, y que por tanto deberá disponer de espacio necesario para éste equipamiento y sus accesorios, como cable eléctrico, tubo para medición del nivel, electrodos, etc.). El tamaño de la cámara de bombeo es función directa del nivel piezométrico regional y de la transmisividad del acuífero.

Con relación a los criterios para definir los diámetros de perforación y de la columna de revestimiento, se puede decir que el proyectista y el ejecutor deben verificar la disponibilidad regional y lo que puede ser más fácilmente adquirido.

En éste capítulo se puede observar el diseño físico de la perforación, los pases principales de sección en cada diámetro.

En el mercado sudamericano es más frecuente la disponibilidad de:

a) tuberías para revestimiento – de protección sanitaria – en los diámetros de 12" – 14" – 16" – 18" – 20" e 22" con espesores de pared de 3/16" (4,75mm) o ¼" (6,35 mm)
b) tuberías para construir la columna de revestimiento – 6 5/8", 8 5/8", 10 3/4", 12 3/4", 14" con espesores de pared de 4,75 mm; 6,35mm; 8,18 mm;
c) filtros de diámetros semejantes a los de la columna de revestimiento
d) brocas de perforación – de 8 1/2" o 9 5/8" (usualmente utilizadas en la denominada perforación del orificio guía), 12 1/4"; 14 3/4"; 17 1/2"; 20" ; 24"; 26". Algunas adaptaciones son posibles, con el objetivo principalmente de disponer de alargadores en diámetros intermedios.

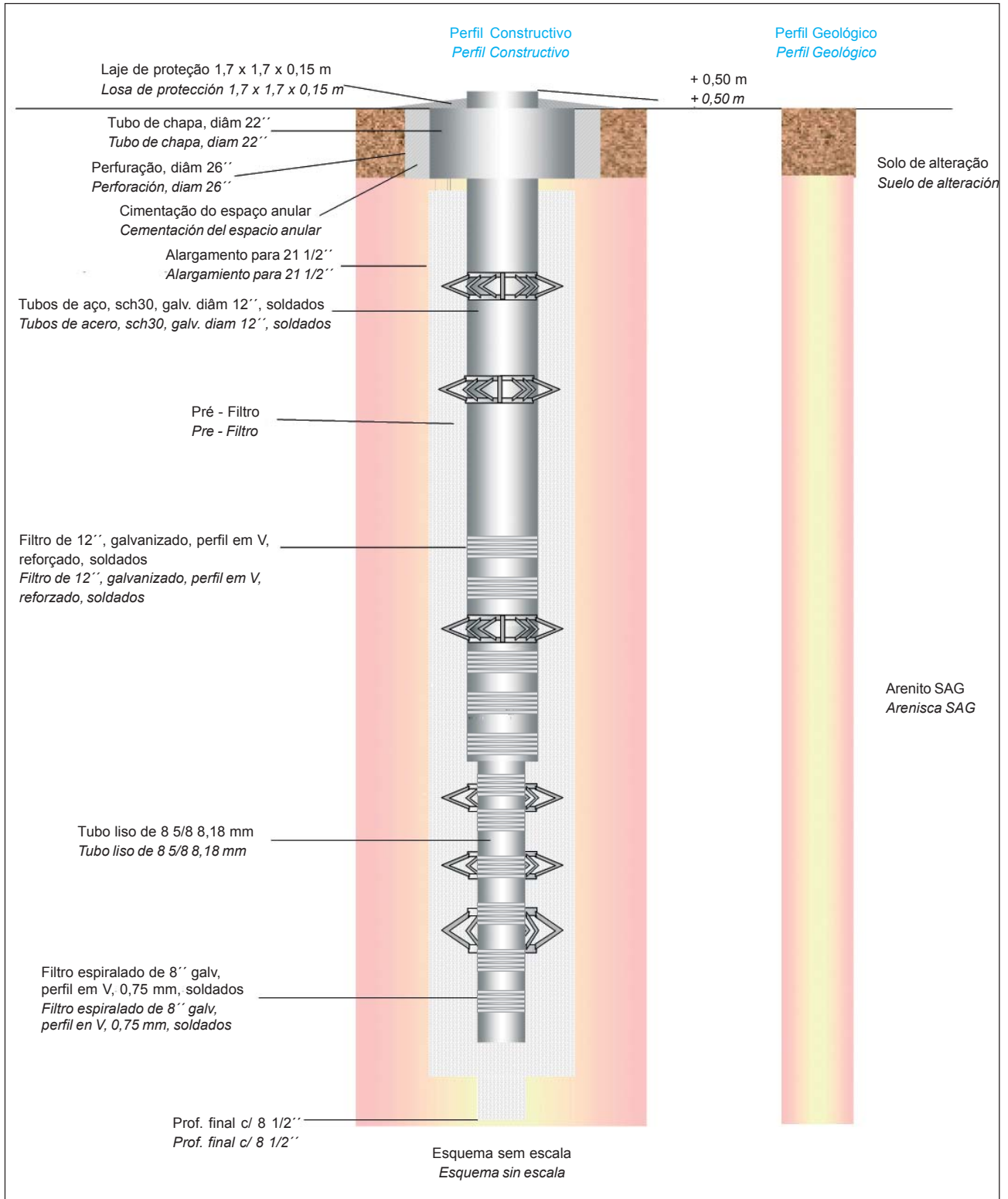



Figura 3.-
Projeto esquemático de um poço tubular profundo em área de afloramento do SAG

Figura 3.-
Proyecto esquemático de un pozo tubular profundo en área de afloramiento del SAG

5.2.2. Captação do aqüífero guarani subjacente aos basaltos

Sotoposto ao arenito produtor é comum na área do SAG uma seqüência de arenitos e basaltos da Formação Serra Geral. Neste caso, a dificuldade a ser considerada está na perfuração da secção de rochas basálticas em diâmetros que possibilitarão a conclusão do poço de acordo com o projetado em termos de volume a ser explorado. Esta rocha basáltica, por vezes compacta, dura e fraturada, intercalados com porções de basalto alterado (com presença de argilas), e mesmo de arenitos inter trapp, podem se constituir durante a perfuração em uma dificuldade adicional que se não for planejada adequadamente poderá comprometer não só a perfuração propriamente dita, como o resultado final que se poderia obter.

São várias as condições que devem ser planejadas para se superar com segurança este trecho, sendo que se destaca:

a) a questão da manutenção do diâmetro da perfuração – de tal maneira que não se tenha um furo «ovalado» que poderá limitar a profundidade a ser atingida
b) a questão da linearidade e verticalidade do poço
c) o controle do fluído de perfuração
d) e outros aspectos que serão contemplados no manual.

Sobre estes aspectos é fundamental se dispor de ferramenta de corte correta (broca) para as condições que se pretende trabalhar – profundidade, dureza, diâmetro etc. A questão do alinhamento e da verticalidade poderá ser conseguida mediante o uso correto de estabilizadores ao longo da coluna de hastes e comandos, o que vai conferir a mesma a rigidez suficiente para se evitar flambagen e em conseqüência a possibilidade do desvio da vertical. A utilização de 3 centralizadores (no topo da broca, entre o 1º e 2º comando e por último entre o 3º e 4º comando), numa extensão que assegurará a estabilização e centralização ao longo de 27 a 30 metros, reduzirá o risco de se aparecer «desvios bruscos» – (dog legs) ao longo da perfuração, que dificultariam ou mesmo impediriam a instalação de uma coluna de revestimento.

Pequenas espessuras de basalto, da ordem de até 200 metros, permitem a elaboração de projetos relativamente simples, dispensando a utilização de ferramentas sofisticadas, de controle de tensão, peso, rotação, redutores especiais, etc. Na medida em que se avança em

5.2.2 Captación del acuífero Guaraní subyacente a los basaltos

Por encima de la arenisca productora es común en el área del SAG una secuencia de areniscas y basaltos de la Formación Serra Geral. En éste caso, la dificultad radica en la perforación de sección de rocas basálticas en diámetros que posibiliten la conclusión del pozo de acuerdo a lo proyectado en términos de volúmenes a ser explotados. Esta roca basáltica, algunas veces compacta, dura y fracturada, intercalada con porciones de basalto alterado (con presencia de arcillas), e igualmente de areniscas inter trapps, puede constituir durante la perforación una dificultad adicional, que si no fue planeada adecuadamente podrá comprometer no sólo la perforación propiamente dicha, sino también el resultado final que se pueda obtener.

Son varias las condiciones que deben ser planificadas para superar con seguridad inconvenientes, siendo los más destacados:

a) El hecho de mantener el diámetro de perforación, de tal manera que no se tenga una perforación «ovalada» que podría limitar la profundidad a ser alcanzada.
b) El mantener la alineación y verticalidad del pozo.
c) El control del fluido de perforación
d) Y otros aspectos que serán contemplados en el manual.

Sobre estos aspectos es fundamental disponer de herramientas de corte adecuadas (broca) para las condiciones en que se pretende trabajar – profundidad, dureza, diámetro, etc. El tema de mantener la linealidad y verticalidad podrá ser conseguido mediante el uso correcto de estabilizadores a lo largo de la columna de barras y comandos, que le va a conferir a la misma rigidez suficiente para evitar se arquee y en consecuencia la posibilidad de desvío de la vertical. La utilización de tres centralizadores (por encima de la broca, entre el 1º y 2º comando y por último entre el 3º y 4º comando), en una extensión que asegurará la estabilización y centralización a lo largo de 27 a 30 metros, reducirá el riesgo de que aparezcan «desvíos bruscos» – (dog legs) a lo largo de la perforación, lo que dificultaría e incluso impediría la instalación de una columna de revestimiento.

Pequeños espesores de basalto, del orden de hasta los 200 metros, permiten la elaboración de proyectos relativamente simples, descartando la utilización de herramientas sofisticadas, de control de tensión, peso, rotación, reductores especiales, etc. A medida que se avanza en profundidad, tales

profundidade, tais equipamentos passam a ser imprescindíveis e deverão estar presentes em todo o equipamento que se proponha a executar perfurações além desta profundidade. Independente e a parte se disporá de todos os controles do fluído.

São válidas as considerações a respeito de diâmetros de perfuração e da coluna de revestimento citadas no item 5.4.8 que comenta sobre as disponibilidades do mercado.

Como um resumo da questão dos diâmetros de perfuração e da coluna de revestimento (e isto é válido especialmente para quaisquer tipos de aqüíferos sedimentares e em rochas friáveis, independente de estarem na área do SAG) pode se recomendar que:

- A perfuração deverá ter um diâmetro mínimo igual ou superior a 6" em relação ao diâmetro da secção filtrante. Deverá ser sempre mantido uma relação de tal maneira que possa dispor de uma espessura mínima de pré-filtro de 3"
- Esta espessura mínima poderá variar para mais (nunca para menos) na dependência de problemas qualitativos da água (presença de ferro bactérias e outros alterações), da profundidade de instalação dos filtros etc. Também neste caso deve se considerar a questão do fluxo em regime turbulento e laminar,
- O ajuste para mais (e não para menos) deverá ser feito em função da disponibilidade comercial tanto dos materiais que serão utilizados na instalação da coluna de revestimento quanto principalmente na definição dos diâmetros de perfuração. Desta maneira, se o desejável vier a ser uma perfuração com 13 1/2", deve-se optar pela perfuração em 14 3/4" que é uma ferramenta que se pode encontrar com mais facilidade no mercado. Especificamente neste exemplo não se dispõe de brocas em 13 1/2", exceto alargadores construídos para se atingir este diâmetro.

equipamientos pasan a ser imprescindibles y deberán estar presentes en todo el equipamiento que se proponga para ejecutar la perforación más allá de la profundidad indicada. Independientemente se dispondrá de todos los controles del fluido.

Son válidas las consideraciones referidas a los diámetros de perforación y a la columna de revestimiento citados en el ítem 5.4.8, el cual comenta sobre las disponibilidades del mercado.

Como resumen del tema de los diámetros de perforación y de columna de revestimiento (esto es válido para cualquier tipo de acuífero sedimentario y en rocas friables, independientemente de que se encuentren en el área del SAG) se puede recomendar que:

- *La perforación debe tener un diámetro mínimo igual o superior a 6", en relación al diámetro de sección filtrante. Se deberá mantener siempre una relación de tal manera que se pueda disponer de un espesor mínimo de pre-filtro de 3".*
- *Este espesor mínimo podría variar para más (nunca para menos) dependiendo de problemas cualitativos del agua (presencia de ferro bacterias y otras alteraciones), de profundidad de instalación de los filtros, etc. También en éste caso se debe considerar el problema de flujo en régimen laminar o turbulento.*
- *El ajuste para más (y no para menos) deberá ser hecho en función de la disponibilidad comercial de los materiales que serán utilizados en la instalación de la columna de revestimiento y en la definición de los diámetros de perforación. De esta manera, si se deseara realizar una perforación en 13 1/2" se debe optar por trabajar en 14 3/4" que es una herramienta que se puede encontrar con más facilidad en el mercado. Específicamente en este ejemplo no se dispone de brocas en 13 1/2", excepto alargadores construidos para este diámetro.*

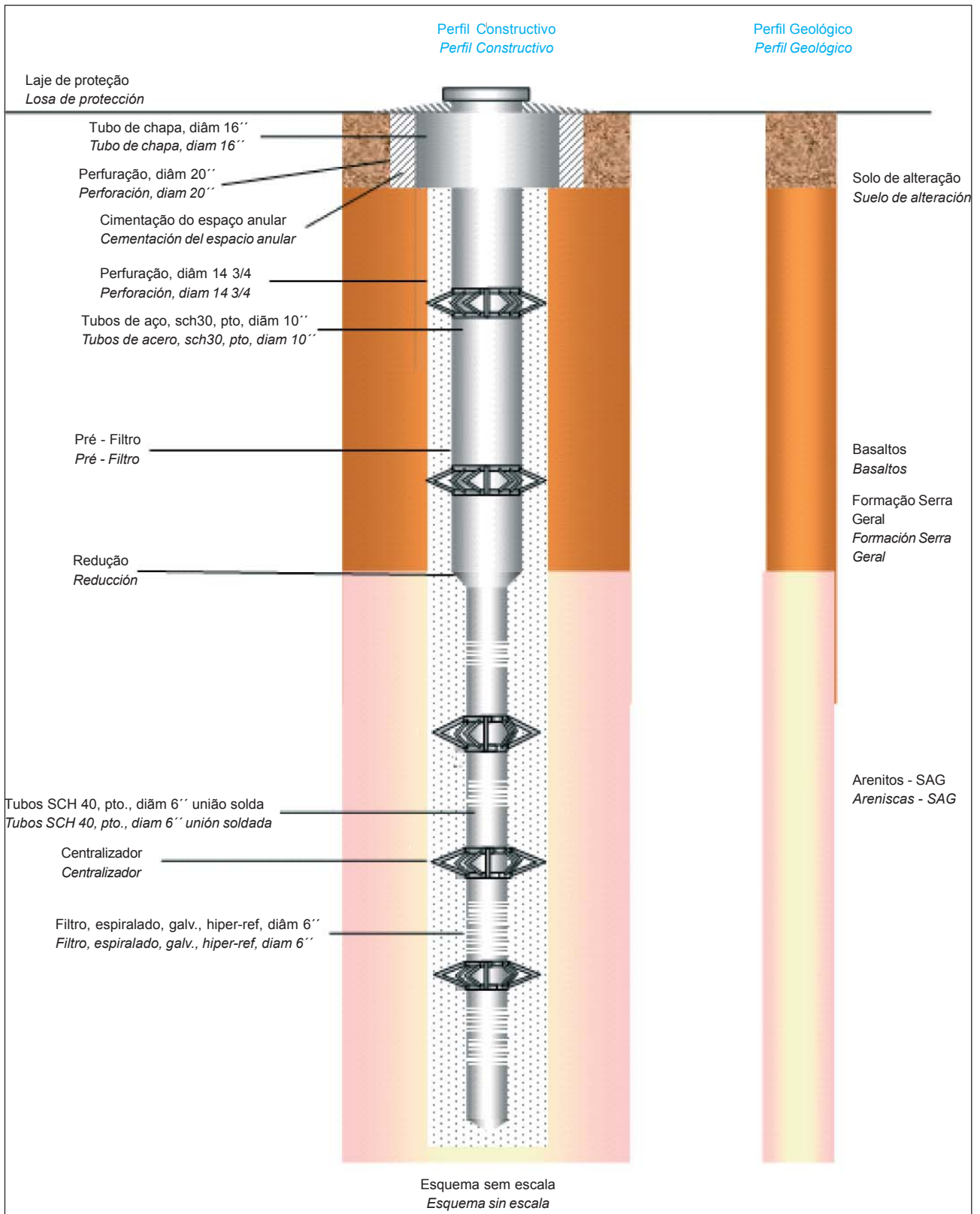



Figura 4.-
Projeto esquemático de um poço tubular profundo em área do SAG, subjacente ao basalto.

Figura 4.-
Proyecto esquemático de un pozo tubular profundo en área del SAG, subyacente al basalto.

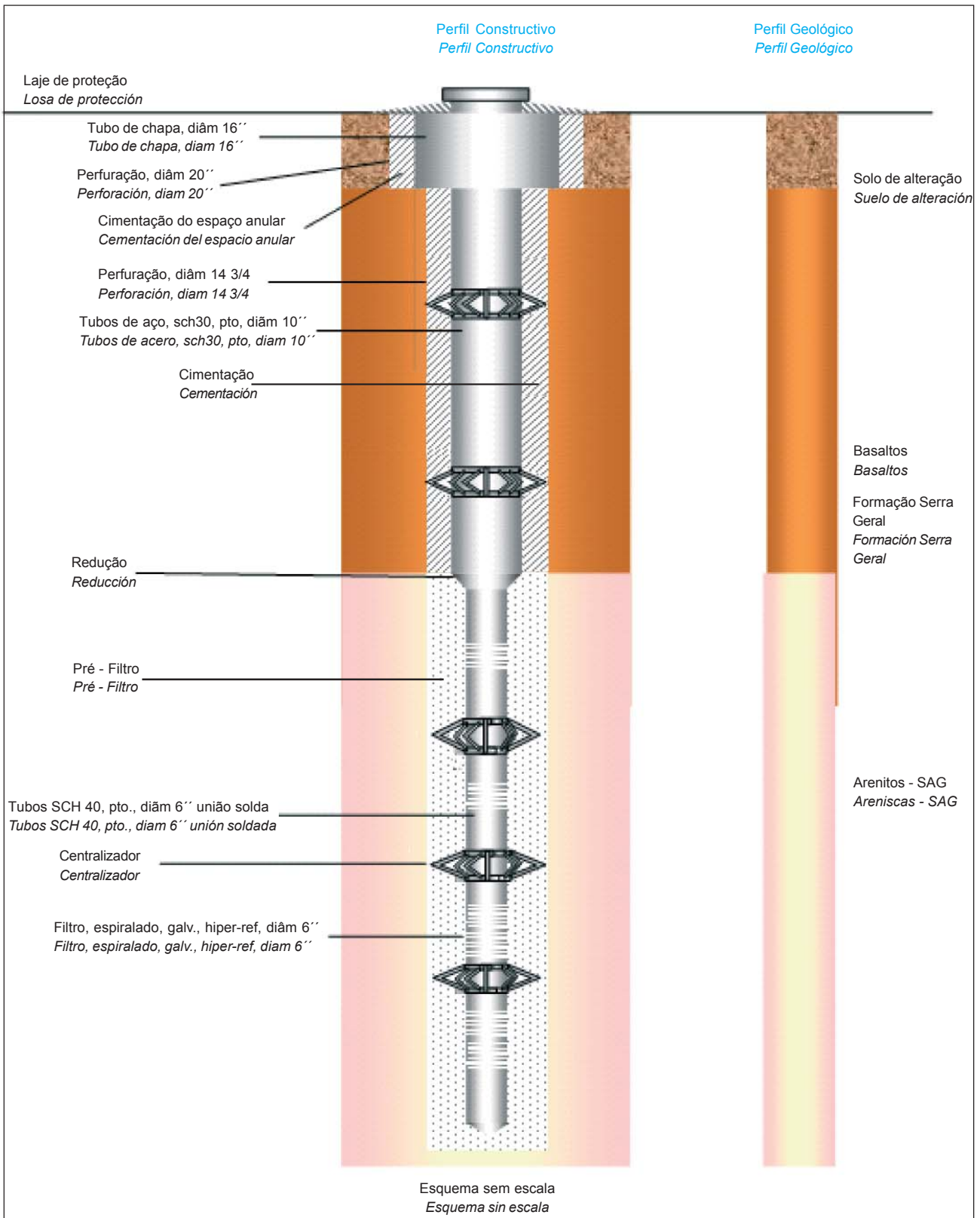



Figura 5.-
Projeto esquemático de um poço tubular profundo em área do SAG, com aislação do basalto.

Figura 5.-
Proyecto esquemático de un pozo tubular profundo en área del SAG, con aislación del basalto.

5.3 Classificação dos métodos por aplicação

A classificação usual é feita com base nos tipos das formações geológicas, adequando-se suas características litológicas a um determinado processo de perfuração.

Formações sedimentares inconsolidadas (Aluviões e sedimentos pouco ou não consolidados)		
Método	Vantagens / Desvantagens	Risco
Percussão à Cabo	Boa amostragem, boa informação de variação do nível de água, processo lento de perfuração (1 a 2 metros/hora)	Alto /prisão do ferramental
Rotativo c/circulação direta	Amostragem de padrão médio, rápida penetração (5 a 20 metros/hora), Necessita de bom controle do fluído de perfuração	Baixo
Rotativo com injeção de ar	Inadequado	Alto
Rotativo c/circulação reversa	Boa amostragem e rápida penetração (5 a 20 metros/hora) mantendo as condições das paredes do poço. Fluído à base de água	Baixo

Tabela 1.-
Classificação dos métodos Formações sedimentares inconsolidadas

Formações Sedimentares Consolidadas Calcários, Siltitos e Calcarenitos	
Método	Vantagens / Desvantagens
Percussão à Cabo	Bom rendimento, bom controle de amostragem e de nível de água, avanço na ordem de 2 a 3 m/h
Rotativo com ar, água ou circulação de fluido	Bom rendimento, boa penetração (6 a 10 m/h) sendo necessário controle do fluído de perfuração.
Martelo	Rápida penetração (12 a 20 m/h),produz pedaços de detritos e permite amostragem da água.

Tabela 2.-
Classificação dos métodos Formações sedimentares consolidadas

5.3 Clasificación de los métodos por aplicación

La clasificación usual se realiza de acuerdo a los tipos de formaciones geológicas, adecuándose las características litológicas a un determinado proceso de perforación.

Formaciones Sedimentarias No Consolidadas (Aluviones y sedimentos poco o nada consolidados)		
Método	Ventajas / Desventajas	Riesgo
Percusión con cable	Buen muestreo, buena información de variación del nivel de agua, proceso lento de perforación (1 a 2 metros/hora)	Alto /atascamiento de herramientas
Rotativo c/circulación directa	Muestreo de patrón medio, rápida penetración (5 a 20 metros/hora), Necesita de buen control del fluido de perforación	Bajo
Rotativo con inyección de aire	Inadecuado	Alto
Rotativo c/circulación inversa	Buen muestreo y rápida penetración (5 a 20 metros/hora) mantiene las condiciones de las paredes del pozo. Fluido a base de agua	Bajo

Tabla 1.-
Clasificación de los métodos. Formaciones sedimentarias no consolidadas

Formaciones Sedimentarias Consolidadas Calcáreos, Siltitos y Calco-areniscas	
Método	Ventajas / Desventajas
Percusión con cable	Buen rendimiento, buen control de muestreo y del nivel del agua, avance del orden de 2 a 3 m/h
Rotativo con aire, agua o circulación de fluido	Buen rendimiento, buena penetración (6 a 10 m/h) siendo necesario control del fluido de perforación.
Martillo	Rápida penetración (12 a 20 m/h), produce trozos de detritos y permite muestreo de agua.

Tabla 2.-
Clasificación de los métodos. Formaciones sedimentarias consolidadas

Formações Cristalinas Rochas ígneas e metamórficas,	
Método	Vantagens / Desvantagens
Cabo	Baixo rendimento (0,4 a 0,7m/h), com boa amostragem e variação do nível e de entradas de água
Rotativo com ar, água ou circulação de fluido	Inadequados, devido alto custo. Justifica-se apenas para grandes profundidades e diâmetros, com uso de brocas de dentes de tungstênio e com relação peso área adequados.
Martelo	Rápida penetração (6 a 12 m/h). Bom controle de amostras e de entradas e volume de água potencial

Tabela 3.-
Classificação dos métodos. Formações Cristalinas

Formaciones Cristalinas Rocas ígneas y metamórficas,	
Método	Ventajas / Desventajas
Cable	Bajo rendimiento (0,4 a 0,7 m/h), con buen muestreo y variación del nivel y de entrada de agua
Rotativo con aire, agua o circulación de fluido	Inadecuados debido al alto costo. Se justifica apenas para grandes profundidades y diámetros, con uso de brocas de dientes de tungsteno y con relación peso área adecuados.
Martillo	Rápida penetración (6 a 12 m/h). Buen control de muestreo y de entradas de volumen de agua potencial

Tabla 3.-
Clasificación de los métodos. Formaciones cristalinas

5.4 Sistema de perfuração rotativa

Tendo em vista a limitação dos sistemas de perfuração a percussão à cabo e rotativo com ar comprimido para a perfuração de poços com profundidade superiores a 400/500 metros em rochas cristalinas e sedimentares muito consolidadas, temos no sistema rotativo a alternativa adequada para esta situação.

De certa maneira, o sistema rotativo se constitui de fato na melhor alternativa, mesmo quando se considera a perfuração em profundidades menores que a indicada, sempre que o desafio é o de perfurar rochas sedimentares friáveis ou pouco consolidadas. Neste caso, a abrangência do sistema e sua recomendação se dá para qualquer profundidade.

A tecnologia de perfuração rotativa alcançou nos últimos vinte anos progressos consideráveis graças principalmente ao seu desenvolvimento na indústria do petróleo.

Os fabricantes aperfeiçoaram equipamentos cujos rendimentos e performances resultam em desempenhos eficazes, apoiados pelo notável desenvolvimento dos novos produtos para os fluídos.

5.4.1. Definição do sistema

O sistema rotativo de perfuração combina o efeito cortante provocado por um peso sobre uma broca que gira, com o de um fluído em circulação continua que remove os detritos cortados levando-os até a superfície.

Existem dois tipos principais de sistema de perfuração rotativo:

5.4 Sistema de perforación rotativa

Dadas las limitaciones de los sistemas de perforación a percusión con cable y rotativo con aire comprimido para la perforación de pozos con profundidades superiores a 400-500 metros, en rocas cristalinas y sedimentarias muy consolidadas, se tiene como alternativa adecuada para esta situación el sistema rotativo.

De cierta manera, el sistema rotativo constituye de hecho la mejor alternativa, incluso cuando se consideran perforaciones con profundidades menores a las indicadas, siempre que el desafío sea el de perforar rocas sedimentarias friables o poco consolidadas. En éste caso, el sistema se recomienda para cualquier profundidad.

La tecnología de perforación rotativa alcanzó en los últimos veinte años progresos considerables gracias principalmente a su desarrollo en la industria del petróleo.

Los fabricantes perfeccionan el equipamiento cuyos rendimientos y performances resulten en desempeños eficaces, apoyados en el notable desarrollo de nuevos productos para los fluidos.

5.4.1 Definición del sistema

El sistema rotativo de perforación combina el efecto cortante provocado por un peso sobre una broca que gira, con el de un fluido en circulación continua que remueve los detritos cortados llevándolos hasta la superficie.

Existen dos tipos principales de sistema de perforación rotativo:

a) Circulação direta - quando o fluído de perfuração é injetado no poço através da parte interna da coluna de perfuração, saindo através dos orifícios localizados na parte inferior da broca. Pela ação da Bomba de lama o material cortado é carregado e trazido à superfície onde é separado por uma peneira vibratória e tratado sendo a parte recondicionada retornada ao poço, repetindo-se o circuito.
b) Circulação reversa - quando em sentido inverso os detritos cortados são retirados do furo por sucção (ar comprimido ou bombas centrífugas) e conduzidos à superfície, sendo succionados através dos orifícios da broca e passando pela parte interna dos comandos e hastes de perfuração. É um processo inverso ao convencional, já que os tanques de lama alimentam diretamente o poço, sem que ocorra injeção do fluído.

5.4.2. <u>Sistema de perfuração rotativo com circulação direta</u>

O equipamento de perfuração deverá ser preferencialmente uma sonda rotativa, com capacidade de perfuração e completação do poço tubular profundo, podendo ser utilizado sistema rotativo com circulação direta, rotativo com circulação reversa e roto-pneumático. Deverá ser levado em consideração as características dos projetos e as limitações dos métodos.

Seja qual for o equipamento de perfuração, temos sempre uma cabeça rotativa (swivel), uma haste quadrada, hexagonal ou cilíndrica com dois guias laterais (kelly), uma bucha acoplada a um eixo carda para girar a coluna, tubos de perfuração (drill pipes), comandos perfuração para dar peso (drill collars) e uma broca tricônica, bicônica, tetracônica, ou martelo de fundo (hammer drill), no caso de perfuração pneumática.

Como complemento temos os substitutos, os estabilizadores e as reduções devidos aos diferentes tipos de roscas.

Anexo ao equipamento de perfuração dispõe do conjunto bombeador de lama o qual pode ser centrífugo, (para poços de até 300/400 metros) e alternativo de duplo ou triplo efeito (a pistão) para poços mais profundos. Um conjunto de tanques metálicos ou de alvenaria, uma peneira vibratória, um desareiador e um conjunto de válvulas ligam a mangueiras de alta pressão deslocam o fluído para o poço através do swivell.

a) Circulación Directa: cuando el fluido de perforación es inyectado en el pozo a través de la parte interna de la columna de perforación, saliendo a través de los orificios localizados en la parte inferior de la broca. Por la acción de la bomba de lodo el material cortado es cargado y transportado a la superficie, donde es separado por un tamiz vibratorio y tratado, la parte reacondicionada vuelve al pozo, repitiéndose el circuito.
b) Circulación inversa: cuando en sentido inverso los detritos cortados son retirados del orificio por succión (aire comprimido o bombas centrífugas) y conducidos a la superficie, siendo succionados a través de los orificios de la broca y pasando por la parte interna de los comandos y barras de perforación. Es un proceso inverso al convencional, ya que los depósitos de lodo alimentan directamente al pozo, sin que ocurra inyección de fluido.

5.4.2 <u>Sistema de perforación rotativo con circulación directa</u>

El equipo de perforación deberá ser preferentemente una sonda rotativa, con capacidad de perforación y entubado-revestimiento de pozo tubular profundo, pudiéndose utilizar el sistema rotativo con circulación directa, rotativo con circulación inversa y roto-neumático. Deberán ser tenidas en cuenta las características de los proyectos y las limitaciones de los métodos.

Cualquiera sea el equipamiento de perforación, se tiene siempre una cabeza rotativa (swivell), una barra cuadrada, hexagonal o cilíndrica con dos guías laterales (kelly), una mesa rotatoria acoplada a un eje para girar la columna, tubos de perforación (drill pipes), comandos de perforación para dar peso (drill collars) y una broca tricónica, bicónica, tetracónica, o martillo de fondo (hammer drill), en el caso de perforación neumática.

Como complemento se tienen los sustitutos, los estabilizadores y las reducciones debido a diferentes tipos de roscas.

Anexo al equipo de perforación se dispone del conjunto para el bombeo de lodo, el cual puede ser centrífugo, (para pozos de hasta 300-400 metros) y alternativo de doble o triple efecto (a pistón) para pozos más profundos. Un conjunto de depósitos metálicos o de mampostería, un tamiz vibratorio, un desarenador y un conjunto de válvulas unidas a mangueras de alta presión envían el fluido para el pozo a través del swivell.

Figura 6.-
Equipamento de perfuração rotativo.

Figura 6.-
Equipamiento de perforación rotativo.

Figura 7.-
Detalhes de instalação de uma sonda rotativa

Figura 7.-
Detalles de instalación de una sonda rotativa

1 Hastes de perfuração – estruturadas sobre cavaletes ou base de apoio (drill pipe)
2 Haste quadrada – kelly - instalada e em funcionamento – interligando o swivell (3) e a mesa rotativa (fora de vista – na base da sonda)
3 Swivell
4 Tubo de interligação do fluído – desde o poço até os reservatórios (onde se processará o recondicionamento do fluído).

5.4.3. <u>Componentes do sistema</u>

Para a descrição dos componentes de um sistema rotativo para perfuração no SAG, está sendo adotado como padrão um equipamento constituído por sonda rotativa com mesa fixa. Não se ampliou as informações a respeito de sonda rotativa com cabeçote hidráulico, em decorrência de sua limitação e por não atender na plenitude a todas as situações possíveis no caso.

1 Barra de perforación – colocadas sobre caballetes o base de apoyo (drill pipe)
2 Barra cuadrada – kelly – instalada y en funcionamiento – interconectando el swivell y la mesa rotativa (fuera de vista – en la base de la sonda)
3 Swivell
4 Tubo de interconexión del fluido – desde el pozo hasta los reservorios (donde se lleva a cabo el proceso de reacondicionamiento del fluido)

5.4.3 <u>Componentes del sistema</u>

Para la descripción de los componentes de un sistema rotativo para perforar en el SAG, está siendo adoptado como patrón un equipo constituido por sonda rotativa con mesa fija. No se amplió la información respecto de la sonda rotativa con cabezal hidráulico, de acuerdo a sus limitaciones y por no responder en plenitud a todas las situaciones posibles del caso.

Independente deste aspecto deve-se ressaltar que o mercado dispõe hoje de sondas com cabeçote hidráulico que tem capacidade de (em conjunto com grandes unidades compressoras e com uso de martelo de fundo) atingir profundidade da ordem de 400/500 metros. É uma tecnologia que vem superando marcas e que no futuro poderá trazer outras novidades. Neste caso, as relações de força e transmissão, bem como torque etc, demandados em perfurações em Basalto, favorecem a utilização das sondas rotativas, denominadas também como mecânicas de mesa fixa.

O conjunto convencional básico, que está sendo apresentando é formado pelo chassi, torre ou mastro, guincho e motor. Completam o conjunto coluna de perfuração, a mesa rotativa, a bomba de lama e materiais acessórios.

5.4.3.1 Coluna de Perfuração

É constituída pelos seguintes componentes.

Swivel ou cabeça giratória

Este componente situa-se no topo do conjunto, estando suspenso por um conjunto de polias da catarina (polia móvel). No swivel é feito o acoplamento com o Kelly na sua parte inferior e com a bomba de lama na sua parte superior (através de mangueiras e mangotes).

Kelly ou Haste quadrada ou hexagonal)

Trata-se de uma barra de aço quadrada ou hexagonal, oca, conectada na sua parte inferior à primeira haste de perfuração e na superior ao swivel. O kelly passando pelo centro da mesa rotativa é acionada pela mesma, rotando e permitindo o avanço de todo o conjunto de perfuração .

Tubos de perfuração (hastes – drill pipe)

Os tubos de perfuração, conhecidos como hastes de perfuração ou ainda drill pipe, são colunas de tubos de aço com 6,0 a 9,0 metros de extensão, providos de ponteiras com roscas especiais, cônicas e dupla cônicas, em diversos diâmetros, com resistência ao esforço de tensão, sendo que geralmente são classificados em dois tipos: reforçado internamente e reforçado externamente.

A recomendação de hastes com Grau E, caracteriza o material segundo a norma API (American Petroleum Institute) que neste caso estabelece:

a) limite de elasticidade mínimo – 51,7 hbar ou 75.000 psi (libras)
b) limite de elasticidade máximo – 72,4 hbar ou 105.000 psi
c) carga de ruptura mínima – 68,9 hbar ou 100.000 psi
d) alongamento – 18,5%

Independientemente de este aspecto se debe mencionar que el mercado dispone hoy de sondas con cabezal hidráulico que tienen capacidad de alcanzar (en conjunto con grandes equipos compresores y con uso de martillo de fondo) profundidades del orden de 400 – 500 metros. Es una tecnología en crecimiento y que en el futuro podrá brindar otras novedades. En este caso, la relación de fuerza y transmisión, así como el torque, etc., demandados en perforación de basalto, favorecen la utilización de sondas rotativas, denominadas también como mecánicas de mesa fija.

El conjunto convencional básico, que está presentado, está formado por el chasis, torre o mástil, guinche y motor. Completan el conjunto la columna de perforación, la mesa rotativa, la bomba de lodo y materiales accesorios.

5.4.3.1 Columna de perforación

Está constituida por los siguientes componentes

Swivell o cabeza giratoria

Este componente se ubica en la parte superior del conjunto, estando suspendido por un conjunto de poleas de la catalina (polea móvil). En el swivell se realiza el acoplamiento con el kelly en su parte inferior y con la bomba de lodo en su parte superior. (a través de mangueras y mangones)

Kelly o Barra cuadrada o hexagonal

Se trata de una barra de acero cuadrada o hexagonal, hueca, conectada en su parte inferior a la primera barra de perforación y en su parte superior al swivell. El kelly pasa por el centro de la mesa rotativa y es accionada por la misma, rotando y permitiendo el avance de todo el conjunto de perforación.

Tubos de perforación (barras – drill pipe)

Los tubos de perforación, conocidos como barras de perforación o drill pipe, son columnas de tubos de acero con 6.0 a 9.0 metros de largo, provistos de punteros con roscas especiales, cónicas y doble cónicas, en distintos diámetros, con resistencia al esfuerzo de tensión, generalmente clasificadas en dos tipos: reforzado internamente y reforzado externamente.

La recomendación de barras con Grado E, caracteriza el material según la norma API (American Petroleum Institute) que en éste caso establece:

a) límite de elasticidad mínimo – 51,7 hbar o 75.000 psi (libras)
b) límite de elasticidad máximo – 72,4 hbar o 105.000 psi
c) carga de ruptura mínima – 68,9 hbar o 100.000 psi
d) alargamiento – 18,5%

No mercado são disponíveis outros tipos de aço, também adequados para a confecção de hastes, como o X5, G105 e S135 com valores maiores para os itens a, b e c e menor para o item d alongamento.

A caracterização da haste, assim como de outras ferramentas utilizadas é dada ainda pelo diâmetro interno e externo (o que define a espessura da parede e vai refletir no peso da coluna). Deve-se considerar ainda que nas extremidades das hastes de perfuração utiliza-se uma «ponteira», também denominada tool joint, que normalmente têm um diâmetro maior que o da haste.

Seleção dos tubos
Vários são os fatores que influem decisivamente na seleção dos tubos (hastes) de perfuração que irão compor uma coluna. Dentre as mais importantes, podemos citar:

- Diâmetro externo da coluna de tubos (hastes)
- Massa da coluna (kg/m)
- Capacidade do guincho
- Capacidade do quadro e mesa de manobras;
- Capacidade das bombas, volume e pressão
- Profundidade total prevista para o poço;
- Condições geológicas e litológicas;
- Velocidade de bombeamento e pressão de fundo
- Perdas de carga do sistema

Tubos de Perfuração - Drill Pipe

Podemos utilizar tubos com diâmetros que variam de 2 3/8" ate 8 5/8", com espessuras da parede variando de 5,51 mm até 12,70 mm, e conexões (tool joint) de diferentes tipos de roscas, como IF, FH, de acordo com os padrões da norma API 5 A e XH, SH, H90, WO, SL cujos fios das roscas dos tool joints não seguem a norma API.

Os tubos de perfuração com tool joint REG tem de 2 3/8" até 4 ½" - 5 fios por polegada, e de 5" até 8 5/8" 4 fios por polegada. Tubos com tool joint FH, de 3 ½" e 4 ½" tem 5 fios por polegada e de 5" até 6 5/8" 4 fios. Todos os tool joints IF de 2 3/8" até 5 ½" tem 4 fios por polegada.

O diâmetro de hastes de perfuração recomendado para poços de até 500 metros de profundidade, com tricones de perfuração de 17 1/2" correspondem a hastes de 4 1/2" IF (Internal Flush, dos tipos, IU,EU ou IEU) ou FH (Full Hole).

IU – Internal Upset - significa rebaixamento da ponta do tubo de perfuração por dentro, EU – External Upset - por

En el mercado hay disponibles otros tipos de acero, también adecuados para la elaboración de barras, como el X5, G105 y S135 con valores mayores para los ítem a),b) y c) y menor para el ítem d) alargamiento.

La caracterización de barras, así como de otras herramientas utilizadas, está dada también por el diámetro interno y externo (lo que determina el espesor de pared y va a definir el peso de la columna). Se debe considerar también que en las extremidades de las barras de perforación se utiliza una «puntera», también denominada tool joint, que normalmente tiene un diámetro mayor que el de la barra.

Selección de tubos
Varios son los factores que influyen decisivamente en la selección de los tubos (barras) de perforación que compondrán la columna. Entre los más importantes podemos citar:

- *Diámetro externo de la columna de tubos (barras)*
- *Masa de la columna (kg/m)*
- *Capacidad del guinche*
- *Capacidad de rotación y mesa de maniobras;*
- *Capacidad de las bombas, volumen y presión*
- *Profundidad total prevista para el pozo;*
- *Condiciones geológicas y litológicas;*
- *Velocidad de bombeo y presión de fondo*
- *Pérdidas de carga del sistema*

Tubos de perforación – Drill Pipe

Se pueden utilizar tubos con diámetros que varían de 2 3/8" hasta 8 5/8", con espesores de pared de 5,51 mm hasta 12,70 mm, y conexiones (tool joint) de diferentes tipos de roscas, como IF, FH, de acuerdo con los padrones de la norma API 5 A y XH, SH, H90, WO, SL cuyos hilos de roscas de las tool joints no siguen la norma API.

Los tubos de perforación con tool joint REG existen de 2 3/8" hasta 4 ½" - 5 hilos por pulgada, y de 5" hasta 8 5/8" 4 hilos por pulgada. Tubos con tool joint FH, de 3 ½" y 4 ½" tienen 5 hilos por pulgada y de 5" hasta 6 5/8" 4 hilos. Todos los tool joints IF de 2 3/8" hasta 5 ½" tienen 4 hilos por pulgada.

El diámetro de barras de perforación recomendado para pozos de hasta 500 metros de profundidad, con triconos de perforación de 17 1/2" corresponden a barras de 4 1/2" IF (Internal Flush, de los tipos, IU,EU o IEU) o FH (Full Hole).

IU – Internal Upset - significa rebajado de la punta del tubo de perforación por dentro, EU – External Upset - por fuera e IEU en ambos lados, son operaciones estas

fora e IEU em ambos os lados, operações estas feitas antes da aplicação do tool joint no tubo. Escolhido o diâmetro a ser utilizado define-se a espessura do tubo de perfuração e consequentemente o peso nominal. Tubos de 4 ½" com espessura de parede de 8,56 mm tem 16,6 lb/ft, (24,7 kg/m).

Comandos de perfuração (drill collars)

É a parte da coluna que fornece o peso necessário para que a broca avance, já que o corte é feito por «esmagamento» quando se tratar de perfuração de rochas duras (basalto compacto, arenito silicificado) ou arraste quando se tratar de rochas brandas e inconsolidadas, comuns no aqüífero Guarani.

O peso é função dos diâmetros e espessura da parede. Os comandos tem diâmetros externos que variam de 3 1/8" até 14", internos de 1 ¼" até 3", com pesos variando de 32,7 até 742,4 kg/m.

Os comandos de perfuração tem sempre rosca macho para baixo e fêmea para cima. Isto se deve ao fato de que todas as brocas tem também rosca macho, ou seja, a conexão entre ambos é sempre feita pelo chamado sub broca.

Os comandos são também confeccionados em aço especial (aço carbono 1080) de alta resistência à tração e à torsão. A coluna de comandos em conjunto com os estabilizadores, promove uma melhor estabilidade e verticalidade ao poço.

A coluna de perfuração deve trabalhar sempre tracionada, deslocando o ponto neutro (free point - ponto a partir da qual a coluna não esta tracionada) da mesma para os comandos não somente para o controle do peso sobre a broca e da verticalidade, bem como para evitar torsão nos tubos de perfuração.

Uma vez escolhido o diâmetro dos comandos e sua quantidade temos o peso do conjunto, o que define o dimensionamento do guincho a ser utilizado. Assim, um poço com 500 metros de profundidade com 300 metros de basaltos e 200 em arenitos, para ser perfurado deve ter um peso disponível de comandos equivalentes a 1000 kg por polegada de diâmetro da broca. Se o projeto especificar a perfuração de basalto com 17 ½" deveremos ter comandos de 8" OD, por 3" ID, com 218,2 kg/m, alem de 20% para que o neutro seja deslocado nos comandos. Estamos falando de uma coluna de 94 metros de comprimento de comandos e 406 metros de tubos de 4 ½". Tal coluna pesa aproximadamente 30.000 kg. Ou seja, para se perfurar um poço nestas condições o ideal é a utilização de um guincho com 50 toneladas.

hechas antes de la aplicación del tool joint en el tubo. Escogido el diámetro a ser utilizado, se define el espesor del tubo de perforación consecuentemente al peso nominal. Tubos de 4 ½" con espesor de pared de 8,56 mm tienen 16,6 lb/ft, (24,7 kg/m).

Comandos de perforación (drill collars)

Es la parte de la columna que brinda el peso necesario para que la broca avance, ya que el corte es realizado por «trituración» cuando se trata de perforación en rocas duras (basalto compacto, arenisca silicificada) o arrastre cuando se trata de rocas blandas o no consolidadas, comunes en el acuífero Guaraní.

El peso es función de los diámetros y espesores de pared. Los comandos tienen diámetros externos que varían entre 3 1/8" hasta 14", internos de 1 ¼" hasta 3", con pesos que varían de 32,7 hasta 742,4 kg/m.

Los comandos de perforación tienen siempre rosca macho para abajo y rosca hembra para arriba. Esto se debe al hecho de que todas las brocas tienen también rosca macho, o sea la conexión entre ambos es siempre hecha por la llamada sub broca.

Los comandos son confeccionados en acero especial (acero carbono 1080) de alta resistencia a la tracción y a la torsión. La columna de comandos en conjunto con los estabilizadores, brinda mayor estabilidad y verticalidad al pozo.

La columna de perforación debe trabajar siempre traccionada, desplazando el punto neutro (free point – punto a partir del cual la columna no está traccionada), de la misma para los comandos, no solamente para el control del peso sobre la broca y de la verticalidad, sino también para evitar torsión en los tubos de perforación.

Una vez escogido el diámetro de los comandos y su cantidad tenemos el peso del conjunto, lo que define el dimensionado del guinche a ser utilizado. Asi, un pozo con 500 metros de profundidad con 300 metros de basalto y 200 metros de arenisca, para ser perforado debe tener un peso disponible de comandos equivalente a 1000 Kg. por pulgada de diámetro de broca. Si el proyecto especifica la perforación en basalto con 17 ½" deberemos tener comandos de 8" OD, por 3" ID, con 218,2 kg/m, además de 20% para que el neutro sea trasladado a los comandos. Se está hablando de una columna de 94 metros de longitud de comandos y 406 metros de tubos de 4 ½" . Tal columna pesa aproximadamente 30.000Kg. O sea, para ser perforado un pozo en estas condiciones, lo ideal es utilizar un guinche con 50 toneladas.

Para um poço com 1000 metros de profundidade, 700 metros de basaltos e 300 metros de Aqüífero Guarani, com os mesmos diâmetros anteriormente mencionados, aumentariam apenas o peso dos tubos de perfuração para 22.328,8 kg (904m x 24,6 kg/m), os comandos continuariam com os mesmos 20.510,8 kg (94m x 218,2 kg/m) e a coluna como um todo pesaria 42.839,6 kg. Teoricamente o mesmo guincho tem condições de perfurar tal poço, ressalvando a questão de se trabalhar no limite do conjunto o que não é recomendável. (Fonte: Formulaire du Foreur).

Como o peso a ser aplicado é função direta do comprimento dos comandos, podemos determinar a posição da linha neutra, a partir da broca, utilizando o mesmo valor percentual aplicado ao peso, ou seja, tornando-se claro que apenas parte do peso dos comandos deverá estar sobre a broca. Por medida de segurança operacional permitir um máximo de 80% de peso, resguardando os 20% restantes para garantir a posição da linha neutra nos comandos, desta forma, nenhum tubo de perfuração estará sujeito à compressão.

Estabilizadores

São ferramentas de pequena extensão, normalmente com cerca de 0,70 a 1,00 m de comprimento, providos de aletas ou extensão (em número de 3) que confere um maior diâmetro (próximo do diâmetro da broca). São constituídos por aço de igual dureza e resistência que o dos comandos, e que instalados na coluna de perfuração permite que o poço seja mantido o mais próximo possível da vertical. Geralmente são aplicados três deles na coluna, um no sub broca (peça de conexão entre a broca e o comando, drill collar), outro acima do primeiro comando e o terceiro sobre o terceiro comando, conferindo assim à coluna alta resistência a flambagem ou deformação.

Mesa Rotativa

Trata-se do «coração do sistema rotativo». Constitue-se num conjunto que recebe energia transmitida por uma unidade matriz, permitindo a rotação da coluna de perfuração através do Kelly.

Materiais acessórios

Os principais componentes acessórios de um conjunto rotativo convencional são:

- Cabo de aço
- Ferramentas de aperto - chaves «Tong»
- Chaves de corrente e chaves de grifo
- Bombas d'água
- Abraçadeiras e cunhas de tubos e comandos
- Substitutos de distintos tipos e diâmetros de roscas

Para un pozo con 1000 metros de profundidad, 700 metros de basaltos y 300 metros de Acuífero Guaraní, con los mismos diámetros anteriormente mencionados, aumentaría el peso de los tubos de perforación a 22.328,8 kg. (904m x 24,6 kg./m), los comandos continuarían con los mismos 20.510,8 kg (94m x 218,2 kg/m) y la columna como un todo pesaría 42.839,6 kg. Teóricamente el mismo guinche tiene condiciones de perforar tal pozo, destacando el asunto de que se trabaja en el límite del conjunto lo cual no es recomendable. (Fuente: Formulaire du Foreur).

Como el peso a ser aplicado es función directa de la longitud de los comandos, podemos determinar la posición de la línea neutra, a partir de la broca, utilizando el mismo valor porcentual aplicado al peso, o sea, siendo claro que apenas parte del peso de los comandos deberá estar sobre la broca. Como medida de seguridad operacional se permite un máximo de 80% del peso, reservando los 20% restantes para garantizar la posición de la línea neutra en los comandos, de ésta forma, ningún tubo de perforación estará sometido a compresión.

Estabilizadores

Son herramientas de pequeña extensión, normalmente con alrededor de 0,70 a 1,00 m de longitud, provistos de aletas o extensión (en número de 3) que confiere un mayor diámetro (próximo al diámetro de la broca). Son realizados en acero de igual dureza y resistencia que los comandos, y que instalados en la columna de perforación permiten que el pozo sea mantenido lo más próximo posible de la vertical. Generalmente son aplicados tres de ellos en la columna, uno en la sub broca (pieza de conexión entre la broca y el comando, drill collar), otro por encima del primer comando y el tercero sobre el tercer comando, confiriendo a la columna alta resistencia a la flexión o a la deformación.

Mesa rotativa

Se trata del «corazón del sistema rotativo». Es un conjunto que recibe energía transmitida por la unidad matriz, permitiendo la rotación de la columna de perforación a través del Kelly.

Materiales accesorios

Los principales componentes accesorios de un conjunto rotativo convencional son:

- *Cable de acero*
- *Herramientas de apertura – llaves «Tong»*
- *Llaves de corriente y llaves de grifo*
- *Bombas de agua*
- *Abrazaderas y cuñas de tubos y comandos*
- *Repuestos de distintos tipos y diámetros de rosca*

- Mangueiras e mangotes de alta pressão
- Bombas Centrífugas - 3"x 4", 4"x5"e 5"x6";
- Bombas de Pistão Duplex ou de duplo efeito

Brocas

Na extremidade da coluna de perfuração existe uma ferramenta cortante que promove a perfuração das rochas, e que se denomina de broca. Seu trabalho decorre desde a fácil penetração nas rochas brandas, até o dificílimo «esmagamento» das rochas duras.

Usualmente as brocas são classificadas em função da capacidade de perfuração segundo a dureza e consistência das rochas. Temos assim brocas para:

- Formações inconsolidadas, médias e quebradiças;
- Formações médias e semi-duras;
- Formações duras;
- Formações abrasivas.

Os fabricantes de brocas normalmente a caracterizam, tanto em termos de resistência a tração e torção (qualidade de rolamentos e ou outros sistemas de apoio), qualidade dos dentes que irão «quebrar» ou «arrastar» a rocha cortada, capacidade e mesmo demanda de peso sobre a mesma para se obter o seu melhor rendimento e até a rotação desejada para as brocas tradicionais.

De maneira geral, pode-se considerar na área do SAG (e isto também em outras situações com rochas de dureza semelhante) o que segue:

- Arenitos da Formação Bauru (por vezes carbonatados) ou Formações Equivalentes – que estão cobrindo a Formação Serra Geral – em grande parte do SAG – permite a perfuração com brocas de dente de aço médio a grande. Dificilmente demandará uma broca de dente pequeno, por mais duro que seja. No entanto isto é possível ocorrer, onde as concentrações de carbonatos são maiores e a dureza da rocha é relativamente alta,
- Basaltos – conforme já foi mencionado, podem ser perfurados com martelo de fundo, porém estão limitados em profundidade e diâmetros. Admitindo-se o trabalho com sondas dotadas de mesas rotativas fixas, a broca que deverá ser utilizada deverá ser a de botton de tungstênio, (insertos de carbeto de tungstênio), normalmente de dentes curtos e que possam aceitar peso de algumas dezenas de toneladas sobre a broca. Deve-se observar que no caso da perfuração do basalto (ou

- *Mangueras y mangones de alta presión*
- *Bombas Centrífugas - 3"x 4", 4"x5" y 5"x6";*
- *Bombas de pistón de tipo Duplex o de doble efecto*

Brocas

En la extremidad de la columna de perforación existe una herramienta cortante que permite la perforación de las rocas, y que se denomina broca. Su trabajo implica desde la fácil penetración en las rocas blandas hasta la dificilísima «trituración» de las rocas duras.

Usualmente las brocas son clasificadas en función de la capacidad de perforación según la dureza y consistencia de las rocas. Tenemos así brocas para:

- *Formaciones no consolidadas, medias y quebradizas;*
- *Formaciones medias y semi-duras;*
- *Formaciones duras;*
- *Formaciones abrasivas.*

Los fabricantes de brocas normalmente las caracterizan en términos de la resistencia a tracción y torsión (calidad de rodamientos y otros sistemas de apoyo), calidad de los dientes destinados a «quebrar» o «arrastrar» la roca cortada, capacidad y demanda de peso sobre la misma para alcanzar su mejor rendimiento y hasta la rotación deseada para las brocas tradicionales.

De manera general, se puede considerar en la zona del SAG (y también en otras situaciones con rocas de dureza semejante) lo que sigue:

- *Areniscas de Formación Bauru (a veces carbonatadas) o Formaciones equivalentes – que se encuentran cubriendo la Formación Serra Geral – en gran parte del SAG – permite la perforación con brocas de dientes de acero medio a grande; Difícilmente demandará una broca de diente pequeño por más duro que éste sea. No obstante esto es posible que ocurra cuando las concentraciones de carbonatos son mayores y la dureza de la roca es relativamente alta,*
- *Basaltos – De acuerdo a lo mencionado, se pueden perforar con martillo de fondo, pero están limitados en profundidad y diámetro. Admitiéndose el trabajo con sondas dotadas de mesa rotativa fija, la broca a utilizarse será con botón de tungsteno, (insertos de carburo de tungsteno), normalmente de dientes cortos y que puedan aceptar pesos de algunas decenas de toneladas sobre la broca. Se debe observar que en el caso de perforación en basalto*

outras rochas ígneas e/ou metamórficas) o processo de corte se dá por «esmagamento»- pressão decorrente do peso sobre a superfície a ser cortada. Posteriormente entra o trabalho do arraste e quebra das partículas menores. Em alguns tipos de basalto – amigdaloidal é possível pela sua própria natureza e dureza a utilização de brocas de menor resistência e até de brocas dotadas de dente de aço.

- Arenitos Guarani - pode-se trabalhar com brocas de dente aço, médio a grande. Não demandam pressão e esforço grande para ser cortada. Fácil penetração e pode-se dizer que a velocidade de perfuração só não deve ser maior em decorrência do tempo demandado para a remoção dos detritos cortados.

No caso de processos misto de perfuração, com a utilização de sistema de perfuração com martelo pneumático (hammer-drill), deve-se sempre levar em consideração um plano de perfuração com a quantificação do volume de ar e pressão a ser utilizado (e em conseqüência o diâmetro interno e externo da coluna de perfuração), do martelo e da coroa (broca) a ser utilizada. A relação pressão e volume de ar deve ser tal que permita não só o acionamento do martelo, como também a demanda de ar para a limpeza eficiente do furo (remoção das partículas cortadas).

Estamos anexando uma tabela que procura relacionar a questão da demanda de ar, com a pressão requerida e o diâmetro da perfuração. O método não está sendo objeto de um maior detalhamento, já que para o SAG predomina a perfuração pelo sistema rotativo com circulação direta do fluído. Ressalte-se, no entanto que há uma grande evolução no que diz respeito à tecnologia e equipamentos para perfurar com ar comprimido e que em função mesmo dos custos de brocas tricônicas e do próprio fluído de perfuração é possível que venha a ocorrer um acréscimo do uso deste sistema na parte de perfuração em rochas duras (basaltos e diabásio), observando-se o fato de ser um processo inadequado para perfurar em rochas moles como é o próprio Arenito Guarani.

(u otras rocas ígneas y/o metamórficas) el proceso de corte se da por «trituración» debida a la presión resultante del peso sobre la superficie a ser cortada. Posteriormente comienza el trabajo de arrastre y rotura de las partículas menores. En algunos tipos de basalto – amigdaloide es posible por su propia naturaleza y dureza la utilización de brocas de menor resistencia y hasta de brocas dotadas de dientes de acero.

- *Areniscas Guaraní – se puede trabajar con brocas de dientes de acero, medio a grande. No requieren presión y esfuerzo grande para ser cortadas. A pesar de su fácil penetración, se puede decir que la velocidad de perforación no debe ser mayor que el tiempo demandado para la remoción de los detritos cortados.*

En el caso de procesos mixtos de perforación, con la utilización de sistema de perforación con martillo neumático (hammer-drill), se debe siempre tener en consideración un plan de perforación con la cuantificación del volumen de aire y presión a ser utilizado (y en consecuencia el diámetro interno y externo de la columna de perforación), del martillo y de la corona (broca) a ser utilizada. La relación presión y volumen de aire debe ser tal que permita no solo el accionamiento del martillo, sino también la demanda de aire para la limpieza eficiente del hueco (remoción de partículas cortadas).

Se anexa una tabla que procura relacionar el tema de la demanda de aire con la presión requerida y el diámetro de la perforación. El método no es objeto de mayor detalle, dado que para el SAG predomina la perforación por el sistema rotativo con circulación directa de fluido. Se hace notar que existe una gran evolución en lo que respecta a la tecnología y equipamientos para perforar con aire comprimido, y que en función de los costos de las brocas tricónicas y del propio fluido de perforación es posible que se dé un incremento del uso de este sistema para la perforación de rocas duras (basalto y diabasas), observándose el hecho de ser un proceso inadecuado para perforar en rocas blandas , como es la propia arenisca Guaraní.

BROCAS DE PERFURAÇÃO - TABELA COMPARATIVA

DENTES DE AÇO

	HUGHES			REED			SECURITY			SMITH			C.B.V		
	Journal	Selada	Não Selada	Journal	Selada	Não Selada	Journal	Selada	Não Selada	Journal	Selada	Não Selada	Journal	Selada	Não Selada
MOLE	J1	X3A	R1		S11	Y11	S33SF	S33S	S3S	FDS	SDS	DS	FM11 FM11G	SM11 SM11G	M11 M11G
MOLE	J2	X3	R2	FP12	S12	Y12	S33F	S33	S3	FDT	SDT	DT DTT	FM12 FM12G	SM12 SM12G	M12 M12G
MOLE	J3	X1G	R3	FP13	S13	Y13 Y13T	S44SF	S44 S44TG	S4 S4T	FDG	SDG SDGH	DG DGT	FM13 FM13G	SM13 SM13G	M13 M13G
MÉDIA	J4	XV	R4	F21	S21	Y21	M44NF	M44N	M4N			V1	FM21 FM21G	SM21 SM21G	M21 M21G
MÉDIA			DR5			Y22					SVH	V2	FM22 FM22G	SM22 SM22G	M22 M22G
MÉDIA					S23G		M44LF	M44L	M4L		S12 S12H	T2		SM23	M23 M23G
DURA	J7			F31G	S31G	Y31	H77F	H77	H7 H7T		SL4 SL4H	L4	FM31G	SM31 SM31G	M31 M31G
DURA			R7										FM32G		M32 M32G
DURA	J8	XWR		F34			H77CF	H77S H77C	H7SG				FM34 FM34G	SM34 SM34G	M34 M34G

DENTES DE TUNGSTENIO

	HUGHES			REED			SECURITY			SMITH			C.B.V		
	Journal	Selada	Ar	Journal	Selada	Ar	Journal	Selada	Ar	Journal	Selada	Ar	Journal	Selada	Ar
MOLE	J11												FT51		
MOLE	J22			HS51 FP52		Y52JA	S84F	S84		A1 F2	2JS		FT52		
MOLE	J33	X33	HH33	FP53	S53		S86F	S86	S8JA	F3	3JS		FT53	ST53	A53
MOLE				FP54			S88F	S88							
MÉDIA	J44	X44	HH44	FP62 FP62X	S62	Y62JA	M84F	M84	M8JA	F4 F45	4JS	4JA	FT62	ST62	A62
MÉDIA				FP628		Y62BJA	M88F M89TF	M88		F5 F47	5JS	5JA			
MÉDIA	J55		HH55	FP63 FP64	S63 S64	Y63JA	M89F			F57			FT63		A63
DURA				FP72	S72		M84F			F6	6JS		FT72		
DURA	J77		HH77	FP73 FP74	S73 S74	Y73JA	H88F H99F	H88	H8JA H9JA	F7	7JS	7JA	FT73	ST73	A73
DURA	J99		HH99	FP83		Y83JA	H100F	H100	H10JA	F9	9JS	9JA	FT83	ST83	A83

TABELA DE PESO E ROTAÇÂO - DENTES DE AÇO

TIPO	RPM		8 1/2		9 1/2		12 1/4		14 3/4		17 1/2		26	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
M11/SM11	75	250	17	51	19	57	24	73	29	88	35	105	52	156
FM11	60	120	7	23	8	25	11	33	13	39	15	47	23	70
M12/SM12	75	250	17	51	19	57	24	73	29	88	35	105	52	156
FM12	60	120	7	23	8	25	11	33	13	39	15	47	23	70
M13/SM13	60	175	25	59	28	66	36	85	44	103	52	122	78	182
FM13	60	110	11	26	12	69	15	37	19	45	22	54	33	80
M21/SM21	50	120	25	68	28	76	36	98	44	118	52	140	78	208
FM21	40	100	11	30	12	34	15	44	19	53	22	63	33	93
M22/SM22	50	120	25	68	28	76	36	98	44	118	52	140	78	208
FM22	40	100	11	30	12	34	15	44	19	53	22	63	33	93
M32/SM32	40	100	34	76	38	85	49	110	59	132	70	157	104	234
FM32	40	90	15	34	17	38	22	49	26	59	31	70	46	104
M34/SM34	40	90	34	85	38	95	49	122	59	147	70	175	104	260
FM34	40	80	15	40	17	42	22	55	26	66	31	78	46	117

TABELA DE PESO E ROTAÇÂO - DENTES DE TUNGSTENIO

TIPO	RPM		8 1/2		9 1/2		12 1/4		17 1/2	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
FT51	50	130	8	17	9	19	11	25	16	36
FT52	50	120	10	17	11	19	14	25	16	36
FT53/ST53	45	65	10	19	11	21	14	28	20	39
FT62/ST62	40	60	11	21	13	24	17	30	23	43
FT63	35	55	11	25	13	28	17	36	23	52
FT/2	40	65	8	23	9	26	11	33	16	48
FT73/ST73	35	60	11	23	13	26	17	33	23	48
FT83/ST83	30	50	11	25	13	28	17	36	23	52

NOTAS: 1 - Peso em toneladas
2 - Peso máximo / rotaçao mínima e vice-versa

Tabela 4.-
Comparativo de Brocas Tricônicas - API - Composite Catalog/ Corner

Tabla 4.-
Comparativo de Brocas Tricônicas - API - Composite Catalog/Corner

Principales características de los martillos de fondo

Diámetro Nominal	Peso		Diámetro Externo		Largo del martillo		Largo del martillo con Bit			
							Bit cerrado		Bit Extendido	
	Kg.	Lb.	mm.	in.	mm.	in.	mm.	in.	mm.	in.
dia 9"	317	698	215	8.46	1558	61.3	1694	66.7	1741	68.5
dia 8"	194	426	185	7.28	1305	51.4	1434	56.5	1485	58.5
dia 7"	176	388	173	6.81	1373	54.1	1503	59.2	1548	60.9
dia 6"	112	246	144.5	5.68	1235	48.6	1339	52.7	1380	54.3
dia 5"	66	146	118	4.64	1093	43	1188	46.7	1225	48.2
dia 4"	44	98	100	3.93	980	38.6	1073	42.3	1104	43.5

Presión y aire para perforar con martillo de fondo

Dia. Nominal	Presión	PSI	150	200	250	300	350	BARS	10.3	13.8	17.2	20.4	23.8
dia 9"	Volume	CFM	690	980	1280	1600	1940	M^3/min	19.5	27.8	36.3	45.3	54.8
dia 8"	Volume	CFM	530	735	950	1170	1390	M^3/min	15.0	20.8	26.9	33.1	39.3
dia 7"	Volume	CFM	480	685	890	1090	1290	M^3/min	13.6	19.4	25.2	30.8	36.5
dia 6"	Volume	CFM	405	550	705	880	1070	M^3/min	11.5	15.6	20.0	24.9	30.3
dia 5"	Volume	CFM	220	330	455	595	755	M^3/min	6.2	9.3	12.9	16.9	21.4
dia 4"	Volumen	CFM	180	260	345	435	530	M^3/min	5.1	7.4	9.8	12.3	15.0

Tabela 5.-
Relação entre vazão de ar, pressao e diâmetro.
Fuente Drill Co

Tabla 5.-
Relación entre caudal de aire, presión y diámetro.
Fuente Drill Co

5.4.4. Bombas de lama

Em um equipamento de perfuração, a bomba de lama é o elemento que realiza a função mais importante do sistema. Deve fornecer um volume adequado de fluído, seja qual for a pressão necessária para elevar até à superfície os detritos originados pela ação da broca, manter o equilíbrio de pressões dentro do poço e refrigerar a broca.

Preferencialmente devem estar no canteiro de obras duas bombas, as quais poderão ser usadas em separado, em paralelo ou em série. As bombas usadas na sondagem para circulação do fluído de perfuração ao poço deverão ser preferencialmente do tipo pistão de duplo efeito.

Para a execução de perfuração com profundidade de até 400 metros, em condições específicas (diâmetro de perfuração, tipo de rocha que estará sendo cortada) é possível se utilizar bombas centrífugas, de grande capacidade de vazão (50 a 80 m^3/hora). Bombas centrífugas 3 X 4"; 4 X 5" etc, assim denominadas em função dos diâmetros de sucção e de descarga pode atender estas situações.

No entanto deve-se considerar que esta situação é limitada também pelo peso do fluído, já incorporado do material cortado.

5.4.4 Bombas de lodo

En un equipo de perforación, la bomba de lodo es el elemento que realiza la función más importante del sistema. Debe aportar un volumen adecuado de fluido, el que permita la presión necesaria para elevar hasta la superficie los detritos originados por la acción de la broca, mantener el equilibrio de presión dentro del pozo y refrigerar la broca.

Preferentemente deben existir en la zona de trabajo dos bombas, las cuales pueden ser utilizadas por separado, en paralelo o en serie. Las bombas utilizadas en la perforación de pozos profundos para la circulación de fluido de perforación en el pozo deben ser preferentemente de tipo pistón de doble efecto.

Para la ejecución de perforaciones con profundidades de hasta 400 metros, en condiciones específicas (diámetro de perforación, tipo de roca que está siendo cortada) es posible utilizar bombas centrífugas, de gran capacidad de caudal (50 a 80 m^3/hora). Bombas centrífugas 3 X 4"; 4 X 5" etc, así denominadas en función de los diámetros de succión y de descarga, pueden servir en estas situaciones.

Se debe considerar que esta situación está limitada también por el peso del fluido, ya incorporado al material cortado.

Para situações especiais e ou para poços com profundidade superior aos 400 metros, deve-se sempre utilizar bombas de pistão, que darão maior segurança ao sistema.

5.4.5. Fluído de perfuração

As formações sobrejacentes ao aqüífero produtor (Guarani) poderão ser perfuradas com fluído à base de bentonita, com viscosidade que pode variar de 50 a 60 segundos no funil Marsh.

Nos poços perfurados em que se prevê que o aqüífero não deverá ser surgente, o fluido de perfuração deverá ser preferencialmente a base de CMC – carboxi-metil-celulose de alta viscosidade, com viscosidade variando da ordem de 40 a 50 segundos Marsh. A eficiência na limpeza de um poço está relacionada a viscosidade do fluído bem como da velocidade de retorno do fluído pelo espaço anular (esta última situação obtida com a bomba de lama adequada, em termos de volume e pressão).

Na zona onde o aqüífero é surgente, o fluído deverá ser à base de polímeros, compatível com os sólidos dissolvidos na água, seja sal (cloreto de sódio), seja baritina ou bentonita que irão conferir peso adequado ao fluído.

A densidade do fluído (df) em lb/gal, necessária para manter um poço jorrante sob controle, considerando que a profundidade do aqüífero responsável pelo jorro do poço seja h, medida em metros, e que a pressão na cabeça do poço seja p, em kg/cm^2, é a seguinte:

$$df = ((118.43p + 11.84h)/(1.42h)) + 1$$

Formulaire de Foreur – IFP

Em casos extremos de alta pressão na cabeça do poço o fluído de perfuração poderá ser misto com adição à bentonita com baritina para atingir o peso necessário para manter contida a jorrância.

5.4.5.1 Tanques do fluido de perfuração

O volume de fluido utilizado em uma perfuração deve ser teoricamente igual a duas vezes o volume do poço, principalmente em regiões onde se conhece eventos como perda de fluido.

Assim, quando o volume dos tanques começarem a baixar, por problema de perdas, haverá tempo suficiente para iniciar o combate à mesma ou pelo menos minimizá-la.

Para situaciones especiales y/o para pozos con profundidades superiores a los 400 metros, se debe utilizar siempre bombas de pistón, que brindarán mayor seguridad al sistema.

5.4.5 Fluido de perforación

Las formaciones sobreyacentes al acuífero productor (Guaraní) podrán ser perforadas con fluido a base de bentonita, con viscosidad que puede variar de 50 a 60 segundos en el embudo Marsh.

En los pozos perforados en los que se prevé que el acuífero no será surgente, el fluido de perforación deberá ser a base de CMC – carboxi-metil-celulose de alta viscosidad, con viscosidad entre 40 a 50 segundos Marsh. La eficiencia en la limpieza de un pozo está relacionada a la viscosidad del fluido y entonces con la velocidad de retorno del fluido por el espacio anular (esta última situación está relacionada con la elección de la bomba de lodo adecuada, en términos de volumen y presión).

En la zona donde el acuífero es surgente, el fluido deberá ser a base de polímeros, compatible con los sólidos disueltos en el agua, sea sal (cloruro de sodio), sea baritina o bentonita que conferirán peso adecuado al fluido.

La densidad del fluido (df) en lb/gal, necesaria para mantener un pozo surgente bajo control, considerando que la profundidad del acuífero responsable por la surgencia del pozo sea h, medida en metros, y que la presión en la cabeza del pozo sea p, en kg/cm^2, es la siguiente:

$$df = ((118.43p + 11.84h)/(1.42h)) + 1$$

Formulaire de Foreur – IFP

En casos extremos de alta presión en la cabeza del pozo el fluido de perforación podrá ser mixto, con adición a la bentonita de baritina para lograr el peso necesario y mantener contenida la surgencia.

5.4.5.1 Depósitos del fluido de perforación

El volumen de fluido utilizado en una perforación debe ser teóricamente igual a dos veces el volumen del pozo, principalmente en regiones donde se conoce situaciones como pérdida de fluido.

Así, cuando el volumen de los depósitos comienza a bajar, por problemas de pérdidas, habrá tiempo suficiente para iniciar el combate a las mismas o al menos minimizarlas.

Por outro lado quando substituímos lama à base de bentonita, utilizada para a perfuração de basaltos, por lama a base de polímeros, para a perfuração de arenitos, quanto maior o volume dos tanques mais fácil torna-se a troca e menor a perda de tempo.

Por otro lado cuando sustituimos lodo a base de bentonita, utilizado para la perforación de basaltos, por lodo a base de polímeros, para la perforación de areniscas, cuanto mayor sea el volumen de los depósitos más fácil se torna el cambio y menor es la pérdida de tiempo.

Figura 8.-
Vista do circuito e tanques do fluido de perfuração

Figura 8.-
Vista del circuito y depósitos del fluido de perforación

1 Bomba de lama – Pistão – Duplex
2 Tanques de Lama – mostrando o circuito onde se processa a remoção de partículas, com utilização de peneira vibratória, ciclone (desareiador) e tanques de sedimentação até o último tanque, onde o fluido se encontra em condições adequadas para retorno ao poço (controle de viscosidade, densidade e com conteúdo de sólidos inferior a 3%)
3 Funil para bateador e pistola – para adicionar produtos ao fluido (bentonita, polímeros, ou outros)

1 Bomba de lodo – Pistón – Dúplex
2 Depósitos de lodo – Mostrando el circuito donde se procesa la remoción de partículas, con la utilización de tamiz vibratorio, ciclón (desarenador) y tanques de sedimentación hasta el último depósito, donde el fluido se encuentra en condiciones adecuadas para el retorno al pozo (control de viscocidad, densidad y con contenido de sólidos inferior a 3%).
3 Cono para batidor y pistola – para adicionar los productos al fluido (bentonita, polímeros y otros).

5.4.5.2 Tipo

Geralmente trabalha-se com dois tipos de tanques de lama: os de alvenaria e os metálicos. Tanques de alvenaria são construídos no solo, geralmente dois ou três deles, interconectados, pela parte superior ou com uma válvula inferior tipo alçapão para conexão entre eles.

Tanques metálicos são construídos de forma que possam ser transportados por carretas ou pranchas baixas. São interconectáveis através de uniões com válvulas.
Recentemente têm aparecido no mercado tanques de plástico, de aproximadamente um metro cúbico cada, protegidos por uma estrutura tubular, porem só para poços rasos.

5.4.5.3 Volume de armazenamento

Uma fórmula empírica e rápida de cálculo bem aproximado de volume de um poço ou mesmo de tubulações é:

$$Volumen\,(l\,/\,m) \qquad \frac{d(pu\,lgadas)^2}{2}$$

Onde:
Volume: volume de almacenamento (em litros por metro)
d: diâmetro do poço (ou tubo) em polegadas

Os exemplos abaixo se destinam a poços de grande profundidade. Sem dúvida a definição da capacidade de cada tanque é objeto do projeto a ser implementado.

No caso de poços de grande profundidade, os tanques de alvenaria geralmente têm 2,5 x 4 x 1,8 metros de profundidade, encerrando assim um volume de 18 m^3 cada.

São construídos em média três tanques na locação para a correta instalação dos equipamentos de manuseio e controle do fluido de perfuração.

Da mesma forma em se tratando de tanques metálicos devem se utilizar três deles em cada locação. O volume normal de um tanque metálico é de 27 m^3 sendo que suas dimensões normais são de 2,5 x 6 x 1,8 metros de altura, para poder ser transportado por carretas.

5.4.5.2 Tipo

Generalmente se trabaja con dos tipos de depósitos de lodo: los de mampostería y los metálicos. Los depósitos de mampostería son construidos en el suelo, generalmente dos o tres de ellos, interconectados por la parte superior o con una válvula inferior de cierre para conexión entre ellos.

Los depósitos metálicos son construidos de forma que puedan ser transportados por camiones o chatas bajas. Son interconectables a través de uniones con válvulas.
Recientemente han aparecido en el mercado depósitos de plástico, de aproximadamente un metro cúbico cada uno, protegidos por una estructura tubular, pero solo para pozos someros.

5.4.5.3 Volumen de almacenamiento

Una fórmula empírica y rápida de cálculo con buena aproximación del volumen de un pozo o igualmente de las tuberías es:

$$Volumen\,(l\,/\,m) \qquad \frac{d(pu\,lgadas)^2}{2}$$

Donde:
Volumen: volumen de almacenamiento (en litros por metro)
d: diámetro del pozo (o tubo) en pulgadas

Los ejemplos siguientes se destinan a pozos de gran profundidad. Sin duda la definición de capacidad de cada depósito es objeto del proyecto a ser implementado.

En el caso de pozos de gran profundidad, los depósitos de mampostería tienen las dimensiones 2.5 x 4 x 1.8 metros de profundidad, almacenando así un volumen de 18 m^3 cada uno.

Son construidos usualmente tres depósitos en el área para la correcta instalación de los equipos de manejo y control del fluido de perforación.

De igual forma tratándose de depósitos metálicos deben ser utilizados tres de ellos en cada sitio. El volumen normal de un depósito metálico es de 27 m^3 siendo sus dimensiones normales de 2.5 x 6 x 1.8 metros de altura, para poder ser transportados por camiones largos.

Figura 9.-
Tanque de lama – peneira vibratória. Parte de um canteiro de obra – mostrando tanque de lama, com peneira vibratória.

Figura 9.-
Depósito de lodo – zaranda vibratoria. Parte de obrador – mostrando el depósito de lodo, con zaranda vibratoria

5.4.5.4 Equipamentos indispensáveis no sistema de circulação de fluido

Peneira vibratória

Trata-se de um mecanismo vibratório, movido por um motor elétrico em que uma malha de aço de abertura padrão retém os detritos cortados pela broca (amostra de calha) e deixa o fluido passar. A peneira é inclinada e os detritos vão caindo conforme vibra enquanto o fluido é desviado para o primeiro tanque. Os arenitos do SAG geralmente passam pela peneira por serem friáveis e as partículas de pequeno diâmetro.

Desareiador

Trata-se de um conjunto moto bomba centrifuga acoplado a uma serie de três a quatro cones de poliuretano ou neoprene usado para centrifugar o fluido de perfuração e com isso separar as partículas mais finas, principalmente a fração arenosa.

5.4.5.4 Equipamientos indispensables en el sistema de circulación de fluidos

Zaranda vibratoria

Se trata de un mecanismo vibratorio, movido por un motor eléctrico en que una malla de acero de abertura patrón retiene los detritos cortados por la broca (muestra colectada) y deja pasar el fluido. La zaranda es inclinada y los detritos caen conforme vibra mientras que el fluido es desviado para el primer depósito. Las areniscas del SAG generalmente pasan por el tamiz por ser friables y las partículas de pequeño diámetro.

Desarenador

Se trata de un conjunto motor-bomba centrífuga acoplado en una serie de tres a cuatro conos de poliuretano o neopreno usado para centrifugar el fluido de perforación, y con esto separar las partículas mas finas, principalmente la fracción arenosa.

Este conjunto é instalado normalmente no segundo tanque (do conjunto de três tanques), já que no primeiro tanque a decantação ocorre de forma normal, visando a separação das partículas maiores e mais pesadas.

O uso do desareiador tem portanto o objetivo de separar esta fração mais fina de areias contidas na lama, já que o desejável é que o fluído que retornará ao poço não contenha mais do que 3% de fração sólida em suspensão. Percentuais superiores a este danificarão não somente os equipamentos de injeção do fluído (desgaste de bombas, mangueiras, conexão, válvulas), como também causarão perda de energia já que estarão circulando novamente pelo poço. A exceção, para se operar com percentual superior a 3% fica por conta da situação em que se necessita trabalhar com fluidos de maior peso e que tenha por objetivo 'segurar ou matar' a jorrância do poço.

Funil batedor e Pistola

Para poços de grande profundidade duas bombas de lama alternativas, duplex são instaladas e acopladas ao terceiro tanque através de um dispositivo denominado «manifold» para o direcionamento da bomba em operação, já que uma fica sempre como reserva. Alem das saídas das bombas tem também um retorno para uma mangueira de alta pressão de cuja ponta sai um jato contínuo, comumente denominado de pistola, que auxilia em muito a homogeneização do fluido ou então é acoplado a um misturador de produtos que funciona pelo principio do tubo de «Venturi» denominado funil batedor.

Laboratório para controle do fluido

Um fluido de perfuração a base de argila bentonitica sódica, possui a propriedade denominada tixotrópica, ou seja, em repouso é um gel e em movimento um fluido.

Enquanto gel permite que as partículas cortadas permaneçam em seu interior em suspensão e quando em movimento, dependendo da velocidade carreiam tais partículas para a superfície para serem removidas pelos equipamentos específicos. Os laboratórios portáteis auxiliam o perfurador na identificação das características do fluido. Assim temos como básico o funil e caneca para a medida da viscosidade. A caneca tem um volume referenciado de 1000 ml e o funil uma ponta de diâmetro calibrado de forma que o tempo necessário em segundos para escoar o total do volume do recipiente corresponde à viscosidade Marsh. Valores de até 60 segundos Marsh são comuns na perfuração dos basaltos do SAG. Os arenitos são geralmente perfurados com

Este conjunto es instalado normalmente en el segundo depósito (del conjunto de tres depósitos), ya que en el primer depósito la decantación ocurre de forma normal posibilitando la separación de las partículas mayores y más pesadas.

El uso del desarenador tiene por tanto el objetivo de separar esta fracción más fina de arena contenida en el lodo, ya que es deseable que el fluido que retornará al pozo no contenga más que el 3% de fracción sólida en suspensión. Porcentajes superiores a este dañarán no solamente los equipos de inyección de fluido (desgaste de las bombas, mangueras, conexiones, válvulas), sino también causarán pérdida de energía ya que estarán circulando nuevamente por el pozo. La excepción, para operar con un porcentaje superior al 3% resulta adecuado en situaciones en que se necesita trabajar con fluidos de mayor densidad que tengan por objetivo «matar o matar» la surgencia del pozo.

Cono batidor y pistola

Para pozos de gran profundidad dos bombas de lodo alternativas dúplex son instaladas y acopladas al tercer depósito a través de un dispositivo denominado «manifold», para el manejo de la bomba en operación, ya que una está siempre como reserva. Además de las salidas de las bombas tienen también un retorno para una manguera de alta presión de cuyo extremo sale un chorro continuo, comúnmente denominado de pistola, que ayuda mucho en la homogeneización del fluido, pudiendo ser acoplada a un mezclador de productos que funciona por el principio del tubo de Venturi, denominado cono batidor.

Laboratorio para el control del fluido

Un fluido de perforación a base de arcilla bentonítica sódica, posee la propiedad denominada tixotropía, o sea, en reposo es un gel y en movimiento es un fluido.

Mientras es gel, permite que las partículas cortadas permanezcan en su interior en suspensión, mientras que en movimiento, dependiendo de la velocidad, acarrean tales partículas para la superficie para ser removidas por los equipamientos específicos. Los laboratorios portátiles ayudan al perforador en la identificación de las características del fluido. Así, se tiene como básico el embudo y una jarra para medición de la viscosidad. La jarra tiene un volumen medido de un litro y el embudo una punta de diámetro calibrado, de forma de que el tiempo necesario, expresado en segundos, para escurrir el total del volumen del recipiente corresponde a la viscosidad Marsh. Valores de hasta 60 seg. Marsh son comunes en la perforación de basaltos del SAG. Las areniscas son

polímeros e a viscosidade cai para algo em torno de 45 segundos.

O laboratório possui também uma balança para medir o peso do fluido. A unidade utilizada é g/cm³ ou lb/gal correspondente a densidade. Para uma referência e comparação imediata a água tem 1,00 g/cm3 (equivalente a 8,33 lb/gal) Esta relação obtida nas tabelas de conversão e indicam o coeficiente 0,11994 para transformar de lb/gal para g/cm³.

Uma lama a base de bentonita com 9,18 lb/gal corresponde a densidade de 1,10 g/l. Ao se perfurar e agregar areia a lama, seu peso (ou densidade) pode facilmente alcançar 10 lb/gal ou 1,2 g/cm³ e ai se faz necessário uma operação de limpeza através dos desareiadores.

Um outro instrumento de grande valia, porém pouco utilizado, é o filtro prensa, que mede a espessura do reboco. Sua utilização no SAG é pouco difundida porque se perfuram os arenitos com polímeros que praticamente não formam reboco. Tanto no fluido a base de bentonita como no de polímeros o controle do pH é primordial. Esta informação é obtida com o uso de fita própria para pH.

5.4.6. <u>Amostragem</u>

As amostras deverão ser coletadas preferencialmente na peneira vibratória ou no desareiador, com intervalo que poderão ser de 1 em 1 metro (ou dependendo da situação - de 2 em 2 metros), procurando-se ajustar o tempo de retorno do fluido desde o fundo até a superfície.

As amostras deverão ser lavadas o mínimo possível para não perder sua fração fina e deverão ser secadas de forma natural. Posteriormente serão condicionadas em caixas de amostragem, ou sacos plásticos adequados, e anotado a profundidade de origem da mesma, intervalo e quaisquer outra informação relevante. Estes dados serão comparados posteriormente com os obtidos nas perfilagens, no perfil de avanço e mesmo de consumo de água ou fluído.

Durante este processo de amostragem é que também deve ser providenciado a coleta de amostras para as análises granulométricas.

Utilizando-se do mesmo procedimento – deve-se coletar de 2 a 3 kg de amostra do arenito sempre que se observar qualquer alteração granulométrica (visível a observação de campo ou outra, inclusive de demanda de água por exemplo) ou a intervalos não superiores a 12 metros.

usualmente perforadas con polímeros y la viscosidad cae a aproximadamente 45 segundos.

El laboratorio posee también una balanza para medir el peso del fluido. La unidad utilizada es el g/cm³ o lb/gal correspondiente a la densidad. Para una referencia y comparación inmediata el agua tiene 1.00 g/cm³ (equivalente a 8.33lb/gal). Esta relación obtenida en las tablas de conversión indica el coeficiente de 0.11994 para transformar de lb/gal para g/cm³.

Un lodo a base de bentonita con 9.18 lb/gal corresponde a la densidad de 1.10 g/ml. Ahora, si al perforar se agrega arena al lodo, su peso (o densidad) pueden fácilmente alcanzar 10 lb/gal ó 1.2 g/ml, y además se hace necesario una operación de limpieza a través de los desarenadores.

Otro instrumento de gran valor, aunque poco utilizado, es el filtro de prensa que mide el espesor del revoque (torta). Su utilización en el SAG es poco difundida porque se perfora las areniscas con polímeros que prácticamente no forman revoque (torta). Tanto en los fluidos a base de bentonita como en los de polímeros el control del pH es primordial. Esta información es obtenida con el uso de la cinta para pH.

5.4.6 <u>Muestreo</u>

Las muestras deberán ser colectadas preferiblemente en el tamiz vibratorio o en el desarenador, con intervalo que podrá ser de 1 m en 1 m (o dependiendo de la situación – de 2 en 2 m), ajustándose al tiempo de retorno del fluido desde el fondo hasta la superficie.

Las muestras deberán ser lavadas lo mínimo posible para no perder su fracción fina y deberán ser secadas de forma natural. Posteriormente serán acondicionadas en cajas de muestras, o bolsas plásticas adecuadas y anotada la profundidad de origen de la misma, intervalo y cualquier otra información relevante. Estos datos serán comparados posteriormente con los obtenidos en los perfilajes, en el perfil de avance y en el consumo de agua o fluido.

Durante este proceso de muestreo también debe ser realizada la toma de muestras para los análisis granulométricos.

Utilizándose el mismo procedimiento, se debe tomar de 2 a 3 kg de muestras de areniscas siempre que se observe cualquier alteración granulométrica (detectable en la observación de campo u otras, inclusive la demanda de agua por ejemplo), o a intervalos no superiores a los 12 m.

Normalmente para execução de uma análise granulométrica é suficiente o envio de apenas 200 g de amostra seca ao laboratório.

5.4.7. Perfilagens de um poço

Durante os trabalhos de perfuração e perfilagem, todas as informações coletadas servirão de base para definir qual o programa a ser cumprido na completação de um poço. O objetivo é o de se obter de uma locação a maior produtividade possível. O projeto elaborado será então executado ou não, necessitando neste caso de ajustes ou mesmo reformulação.

O primeiro perfil a ser elaborado é o do avanço na perfuração.

5.4.7.1 Perfil de avanço da perfuração

Este perfil é traçado a partir dos registros do sondador, do avanço da perfuração em minutos por metro.

A coluna de perfuração, estabilizada, trabalha tracionada, com o ponto neutro nos comandos de perfuração (Drill Collars). O peso disponível deverá ser de até 80% do valor máximo dos comandos, sempre tracionada, de sorte que a broca de perfuração esteja sempre submetida a um peso constante.

Em basaltos, compactos, uma broca de botão de carbeto de tugnstênio com uma tonelada de peso por polegada de diâmetro deverá perfurar um metro de basalto em 60/80 minutos. Casos excepcionais de 400 a 800 minutos por metro são citados, porém geralmente acontece por falta de peso sobre a broca, principalmente se o basalto aflorar em superfície.

Já no basalto alterado, este valor pode cair para algo em torno de 15 a 25 minutos. Em arenitos do Sistema Guarani este tipo de broca, não recomendada, dá uma falsa idéia do avanço, pois por vezes chegamos há ter 60 minutos por metro, ao passo que se for utilizada broca de aço, de dente grande, com apenas 2,5 ton de peso total sobre a broca, o avanço é consideravelmente maior, ou seja da ordem de 5 minutos por metro. Somente não poderá ser maior, (menor tempo de perfuração) em função da necessidade de um tempo mínimo para limpeza do poço (circulação do fluído).

Em alguns trechos no aqüífero cimentado, ou carbonático, podem elevar os valores para algo em torno de 25 minutos por metro.

Normalmente para la ejecución de un análisis granulométrico es suficiente el envío de apenas 200 g de muestra seca al laboratorio.

5.4.7 Perfilajes de un pozo

Durante los trabajos de perforación y perfilaje, toda la información colectada servirá de base para definir cual es el programa a cumplir en el revestimiento de un pozo. El objetivo es el de obtener del pozo la mayor productividad posible. El proyecto elaborado será entonces ejecutado o no, necesitando en este caso ajustes o una reformulación.

El primer perfil a ser elaborado es el de avance en la perforación.

5.4.7.1 Perfil de avance de la perforación

Este perfil es trazado a partir de los registros del perforador del avance de la perforación, expresado en minutos por metro.

La columna de perforación estabilizada trabaja traccionada, con el punto neutro en los comandos de perforación (drill collars). El peso disponible deberá ser de hasta 80% del valor máximo de los comandos, siempre traccionada, de manera que la broca de perforación esté siempre sometida a un peso constante.

En basaltos compactos, una broca de botón de carburo de tungsteno con una tonelada de peso por pulgada de diámetro deberá perforar 1 metro de basalto en 60 a 80 minutos. Casos excepcionales de 400 a 800 minutos por metro son citados, pero en general sucede por falta de peso sobre la broca, principalmente si el basalto aflora en superficie.

Ya en el basalto alterado, este valor puede caer al entorno de 15 a 25 minutos. En areniscas del Sistema Guaraní este tipo de broca, no recomendada da una falsa idea de avance, pues algunas veces se alcanzan los 60 minutos por metro; en cambio se puede utilizar broca de acero, de diente grande, con apenas 2.5 ton de peso total sobre la broca, y el avance es considerablemente mayor, o sea del orden de 5 minutos por metro. En tanto no podrá ser mayor (menor tiempo de perforación), en función de la necesidad de un tiempo mínimo para limpieza del pozo (circulación del fluido).

En algunos intervalos de acuíferos cementados, o carbonáticos, pueden elevar los valores a un entorno de 25 minutos por metro.

O traço do perfil de avanço poderá ser adicionado aos demais perfis corroborando e aumentando a precisão da interpretação dos registros.

Trata-se, portanto de um perfil simples de ser obtido e importante por relacionar ao lado do avanço, a litologia, a dureza e outros fatores importantes como variação brusca de viscosidade, de perda de fluído e outros indicações práticas de campo.

El trazado del perfil de avance podrá ser adicionado a los demás perfiles, corroborando y aumentando la precisión de interpretación de los registros.

Se trata de un perfil simple de realizar y es importante porque relaciona el avance, la litología, la dureza y otros factores importantes como variación brusca de la viscosidad, de pérdida del fluido y otras indicaciones prácticas de campo.

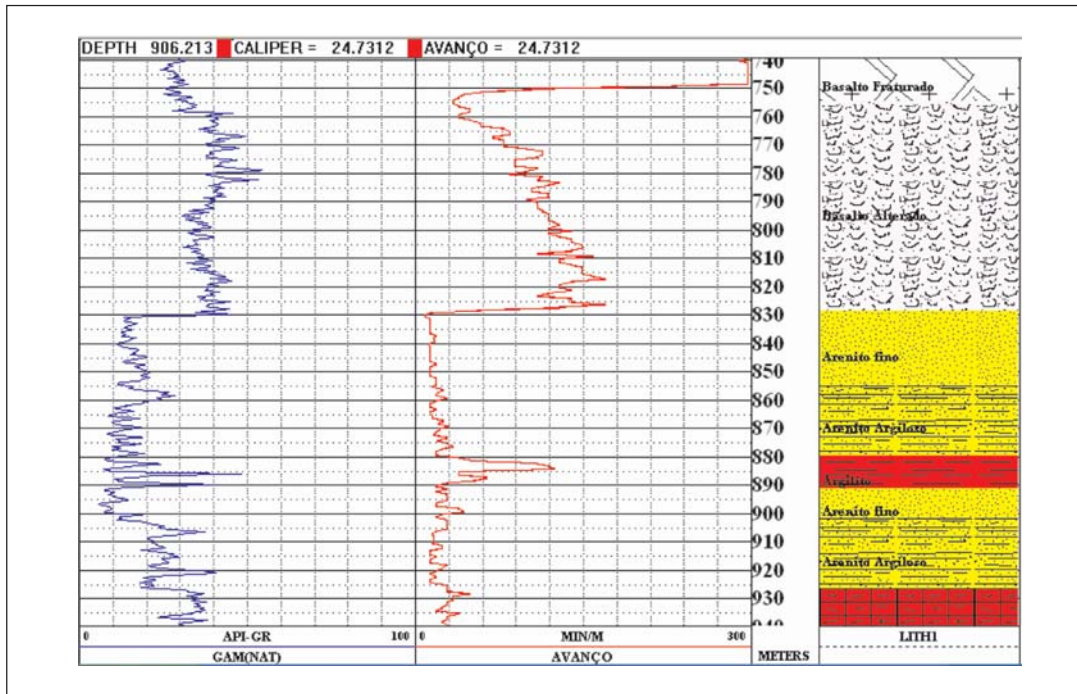



Figura 10.-
Perfil de avanço montado sobre perfil de raios gamma. Poço de Valparaiso – São Paulo.
Fonte: Perfil executado pela Perfil Máster. Equipamento Century

Figura 10.-
Perfil de avance montado sobre el perfil de rayos gamma. Pozo de Valparaiso – San Pablo.
Fuente: Perfil ejecutado por la Perfil Máster. Equipamiento Century

Pista 1 em azul raios gama naturais em Graus API

Pista 2 em vermelho avanço em minutos por metro.

Pista 3 Profundidade em metros

Pista 4 Litologia simplificada

Pista 1 en azul rayos gamma naturales en Graus API

Pista 2 en rojo avance en minutos por metro.

Pista 3 Profundidad en metros

Pista 4 Litología simplificada

Os demais registros geofísicos podem ser classificados em:

- Perfis Radioativos;
- Perfis Elétricos;
- Perfis Eletromagnéticos;
- Perfis Acústicos;
- Perfis Térmicos;
- Perfis Mecânicos.

5.4.7.2 Perfis Radioativos

O sensor de Raios Gama mede a radiação natural das formações atravessadas pela perfuração. O padrão de medida é em unidade Raios Gama API, o qual foi definido como sendo 1/100 do nível de radiação do folhelho típico MID – Continent. O padrão de Raios Gama API tornou-se um modelo de calibração da fábrica da Universidade de Houston no Texas. Raios Gama naturais podem ser medidos também em unidades CPS (pulsos por segundo). Materiais argilosos, como argilas, bentonita e também cimento podem ter níveis elevados de radiação gama.
Arenito tem nível de radiação de 15 a 30 unidades API. É claro que formações mescladas de arenitos com argilas ou silte, podem elevar o nível de radiação chegando a valores da ordem de 75 unidades API.

Carbonatos e calcários compactos têm valores baixos, cerca de 5 a 15 unidades API. Outro fator que pode mascarar o valor medido é a presença de feldspato potássico no arenito. Isto é muito comum em formações mais jovens, como por exemplo, na cidade de São Paulo e Vale do Paraíba. Nestas regiões o valor de Raios Gama natural é muito elevado, da ordem de 70 a 100 unidades API. O diâmetro da investigação do sensor de Raios Gama Naturais depende da densidade total do material ao redor do detector. Em ambiente sedimentar (densidade de 2,2 a 2,6 g/cm^3) o alcance do sensor é de aproximadamente 39 polegadas, com 90% de retorno do sinal. Em carvão (densidade de 1,2g/cm^3), o diâmetro de cerca de 60 polegadas. Em dolomita de baixa porosidade (densidade de 2,9 g/cm^3) o diâmetro é de 24 polegadas.

Existem ferramentas que tem três canais de detecção, sendo um para Urânio, outro para Tório e o último para Potássio. Estas ferramentas tem condições de resolver o problema em áreas sedimentares recentes

Existem também as ferramentas em que uma pastilha radioativa é colocada na sua extremidade, emitindo radiação gama, ou nêutrons. As pastilhas são de Americium Berílio,

Los demás registros – geofísicos pueden ser clasificados en:

- *Perfilajes Radioactivos;*
- *Perfilajes Eléctricos;*
- *Perfilajes Electromagnéticos;*
- *Perfilajes Acústicos;*
- *Perfilajes Térmicos;*
- *Perfilajes Mecánicos.*

5.4.7.2 Perfilajes Radioactivos

El sensor de Rayos Gamma mide la radiación natural de las formaciones atravesadas por la perforación. El patrón de medida es en unidades Rayos Gamma API, el cual fue definido como 1/100 del nivel de radiación de pizarra típica (MID-Continent). El patrón de Rayos Gamma API se tomó de un modelo de calibración de origen de la Universidad de Houston en Texas. Rayos Gamma naturales pueden ser medidos también en unidades CPS (pulsos por segundo). Materiales arcillosos tales como arcillas, bentonita y también cemento pueden tener niveles elevados de radiación gamma. La arenisca tiene un nivel de radiación de 15 a 30 unidades API. Es claro que las formaciones mezcladas de areniscas con arcillas o limo, pueden elevar el nivel de radiación llegando a valores del orden de 75 unidades API.

Carbonatos y calcáreos compactos tienen valores bajos, alrededor de 5 a 15 unidades API. Otro factor que puede enmascarar el valor medido es la presencia de feldespato potásico en la arenisca. Esto es muy común en formaciones jóvenes, como por ejemplo, en la ciudad de San Pablo y Valle de Paraíba. En estas regiones el valor de Rayos Gamma natural es muy elevado, del orden de 70 a 100 unidades API. El diámetro de investigación del sensor de Rayos Gamma naturales depende de la densidad total del material alrededor del detector. En ambiente sedimentario (densidad de 2.2 a 2.6 g/cm^3) el alcance del sensor es de aproximadamente 39 pulgadas, con 90% de retorno de señal. En carbón (densidad de 1.2 g/cm^3), el diámetro es de alrededor de 60 pulgadas. En dolomita de baja porosidad (densidad de 2.9 g/cm^3) el diámetro es de 24 pulgadas.

Existen herramientas que tienen 3 canales de detección, siendo uno para Uranio, otro para Torio y el último para Potasio. Estas herramientas tienen condiciones de resolver el problema en áreas sedimentarias recientes.

Existen también las herramientas en que una pastilla radioactiva es colocada en su extremidad, emitiendo radiación gamma, o neutrones. Las pastillas son de Americio Berilio o Cesio y de alta energía. Por encima de la fuente

ou Césio e de alta energia. Acima da fonte emissora tem o detector de Helio[3], que recebe as partículas que refletem nas formações. Nestas, o Hidrogênio existente na água ou óleo absorve a energia da fonte e os valores capturados são menores.

Estas ferramentas correm como um braço (caliper) que ao abrir-se empurra a sonda contra a parede no lado oposto e minimiza o efeito da lama. Como o braço abre até 18 polegadas, até este diâmetro a ferramenta produz dados conscientes, acima deste valor o dado é especulativo. O fato é que existe uma relação entre a radioatividade medida e a densidade das formações. E o método mais confiável para se determinar a porosidade das formações.

5.4.7.3 Perfis Elétricos

«Os perfis elétricos mais comuns são: Potencial Espontâneo, Resistência e Resistividade 16x64».

O sensor Potencial Espontâneo acusa a medida de potenciais resultante do fluxo da corrente elétrica na terra. Há muitas fontes possíveis para essas correntes. Em poços abertos a maior fonte é a diferença da salinidade entre o fluído de perfuração e a água da formação (correntes eletroquímicas), ou o fluxo da água para, ou da formação (correntes de eletrofiltração), e processos de oxidação e redução (correntes redox). Os valores são medidos em mili volts, positivos para Folhelhos e negativos para Arenitos com água doce. Pode ser usado para cálculo de Rw (Resistividade da água da formação) e Rwa (Resistividade aparente da água da formação), porém, não é tão apurado como outras técnicas existentes.

O sensor Resistência ou Resistência de Ponto Simples é a configuração mais simples existente. Trata-se de enviar uma corrente através de um eletrodo existente na ferramenta e medi-la através de outro na superfície. O resultado medido é diretamente proporcional à resistência da formação atravessada. O perfil de resistência mede basicamente as zonas invadida e lavada de um poço. O maior uso é na definição do pacote litológico, arenito, folhelho, argila e calcário. É um dos perfis mais utilizados em conjunto com o de Potencial Espontâneo e os Radioativos, tendo razoável definição em água doce, maior que, 0,1 ohm-metro e diminui sensivelmente a medida que passamos para água salgada. Não deve ser utilizado para cálculos de Rwa.

O sensor Resistividade 16"mede a resistividade entre os eletrodos de corrente e de medida, distanciados de 16". O sinal, 50% do valor, vem de um raio de 32 polegadas ao redor da ferramenta.

emisora tiene el detector de Helio[3], que recibe las partículas que reflejan en las formaciones. En estas, el Hidrógeno existente en el agua o petróleo absorbe la energía de la fuente y los valores capturados son menores.

Estas herramientas corren como un brazo (caliper), que al abrirse empuja la sonda contra la pared en el lado opuesto y minimiza el efecto del lodo. Como el brazo abre hasta 18 pulgadas, hasta este diámetro la herramienta produce datos consistentes, por encima de este valor el dato es especulativo. El hecho es que existe una relación entre la radioactividad medida y la densidad de las formaciones. Es el método más confiable para determinar la porosidad de las formaciones.

5.4.7.3 Perfilajes eléctricos

«Los perfilajes eléctricos mas comunes son: Potencial Espontáneo, Resistencia y Resistividad 16 x 64».

El sensor de potencial espontáneo acusa la medida de potenciales resultante del flujo de corriente eléctrica en la tierra. Hay muchas fuentes posibles para estas corrientes. En pozos abiertos la mayor fuente es la diferencia de salinidad entre el fluido de perforación y el agua de la formación (corrientes electroquímicas), o el flujo de agua para o de la formación (corrientes de electrofiltración), y procesos de oxidación y reducción (corrientes redox). Los valores son medidos en mili volts, positivos para pizarras y negativos para areniscas con agua dulce. Puede ser usado para el cálculo de Rw (resistividad del agua de la formación) y Rwa (resistividad aparente del agua de la formación), por lo cual no es tan rápido como otras técnicas existentes.

El sensor de resistencia o de resistencia de punto simple es la configuración más simple existente. Se trata de enviar una corriente a través de un electrodo existente en la herramienta y medirla a través de otro en la superficie. El resultado medido es directamente proporcional a la resistencia de la formación atravesada. El perfil de resistencia mide básicamente las zonas invadidas y lavadas de un pozo. El mayor uso es la definición del paquete litológico, arenisca, pizarra, arcilla y calcáreo. Es uno de los perfilajes mas utilizados en conjunto con el de potencial espontáneo y los radiactivos, teniendo razonable definición en agua dulce, mayor que, 0.1 ohm-metro y disminuye sensiblemente a medida que pasamos a agua salada. No debe ser utilizado para cálculos de Rwa.

El sensor resistividad 16" mide la resistividad entre los electrodos de corriente y medida, distanciados de 16". La señal, 50% del valor viene de un radio de 32 pulgadas alrededor de la herramienta.

O sensor Resistividade 64" mede a resistividade entre os eletrodos de corrente e de medida, distanciados de 64". O sinal, 50% do valor, vem de um raio de 128 polegadas ao redor da ferramenta. Como muitos dos perfis de resistividade, para calcular a resistividade verdadeira, Rt, são necessárias as correções do diâmetro do poço, resistividade da lama de perfuração, espessura da camada e leitos adjacentes. Um valor aproximado da Rt pode ser obtido pela fórmula Rt = (R64xR64) / R16. Usualmente a espessura da formação deve ser pelo menos quatro vezes maior do que a distância entre os eletrodos de corrente e medida, para que dispensemos a correção do efeito da espessura de leitos adjacentes.

Existem equipamentos que possuem sensores adicionais ou mesmo na plataforma do equipamento uma possibilidade de que algumas curvas possam ser calculadas durante a fase de aquisição dos dados.

O sensor Resistividade do Fluído mede a resistividade do fluído através de quatro pequenos eletrodos colocados na ponta da ferramenta, protegidos por um envoltório de aço. Ao descermos no poço o fluído passa pelo sensor que mede continuamente seu valor. Valores de resistividade da ordem de 6 a 8 Ohm-m indicam fluídos a base de água doce com polímeros inertes que conferem a lama a viscosidade necessária para carrear as partículas cortadas, ditas amostras de calha (cuttings). Já valores de 15 a 20 Ohms-m indicam fluídos a base de bentonita como agente viscosificante. Um m^3 de fluído a base de bentonita custa aproximadamente 4 veces menos que um m^3 de fluído a base de polímero. Por ai já se percebe a importância de tal sensor.

A Lateral é uma curva calculada pelo sistema e em muito se aproxima da curva de resistividade obtida pela curva de indução eletromagnética.

El sensor resistividad 64" mide la resistividad entre los electrodos de corriente y de medida, distanciados 64". La señal, 50% del valor viene de un radio de 128 pulgadas alrededor de la herramienta. Como muchos de los perfiles de resistividad, para calcular la resisitividad verdadera, Rt, son necesarias las correcciones del diámetro del pozo, resistividad de lodo de perforación, espesor de las capas y estratos adyacentes. Un valor aproximado de Rt puede ser obtenido por la fórmula Rt = (R64xR64) / R16. Usualmente el espesor de la formación debe ser por lo menos cuatro veces mayor que la distancia entre los electrodos de corriente y medida, para que no sea necesaria la corrección del efecto de espesor por los estratos adyacentes.

Existen equipamientos que poseen sensores adicionales o también en la plataforma del equipo la posibilidad de que algunas curvas puedan ser calculadas durante la fase de adquisición de datos.

El sensor resistividad del fluido mide la resistividad del fluido a través de cuatro pequeños electrodos colocados en la punta de la herramienta, protegidos por un envoltorio de acero. Cuando se desciende en el pozo, el fluido pasa por el sensor que mide continuamente su valor. Valores de resistividad del orden de 6 a 8 ohm-m indican fluidos a base de agua dulce con polímeros inertes, que confieren al lodo la viscosidad necesaria para transportar las partículas cortadas, llamadas muestras de canal (cuttings). Valores de 15 a 20 ohms-m indican fluidos a base de bentonita como agente viscosificante. Un m^3 de fluido a base de bentonita cuesta aproximadamente 4 veces menos que un m^3 de fluido a base de polímero. Por ahí ya se percibe la importancia de tal sensor.

La lateral es una curva calculada por el sistema y en mucho se aproxima a la curva de resistividad obtenida por la curva de inducción electromagnética.

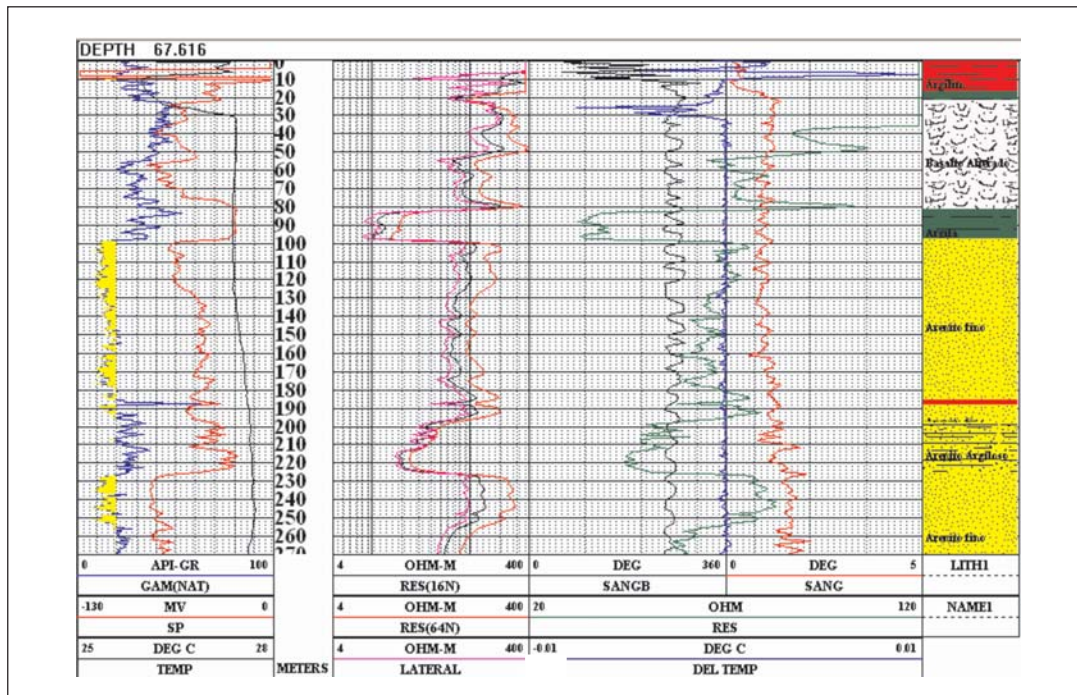



Figura 11.-
Perfil 2 – Poço da USP em Ribeirão Preto – São Paulo.

Fonte: Perfil Máster, Equipamento Century

Pista 1	em azul raios gama naturais- destaque dos melhores trechos de arenitos em amarelo
Pista 1	em Vermelho – sp em milivolts.
Pista 1	em preto – temperatura em ºC.
Pista 2	Profundidade em metros
Pista 3	em liláz resistividade lateral
Pista 3	em vermelho curva de resistividade 64"
Pista 3	em preto resistividade 16"
Pista 4	em preto azimute de 0 a 360º.
Pista 4	em vermelho desvio da vertical
Pista 4	em verde resistência
Pista 4	em azul gradiente de temperatura
Pista 5	Litologia simplificada

5.4.7.4 Perfis Eletromagnéticos

A Resistividade Indução é uma curva calculada a partir da medida da condutividade. O sinal é apresentado como uma curva de resistividade baseada na fórmula C = 1000/R ou R = 1000/C, onde C = Condutividade medida pela ferramenta.

O sensor «indução» é totalmente diferente dos demais sistemas de obtenção da resistividade das formações. Ao invés de eletrodos a ferramenta possui bobinas as quais

Figura 11.-
Pozo de la USP en Ribeirão Preto – San Pablo.

Fonte: Perfil Master, Equipamiento Century

Pista 1	*en azul rayos gamma naturales- Se destacan los mejores tramos de areniscas en amarillo*
Pista 1	*en rojo – sp en milivolts.*
Pista 1	*en negro – temperatura en ºC.*
Pista 2	*Profundidad en metros*
Pista 3	*en lila resistividad lateral*
Pista 3	*en rojo curva de resistividad 64"*
Pista 3	*en negro resistividad 16"*
Pista 4	*en negro azimutal de 0 a 360º.*
Pista 4	*en rojo desvío de la vertical*
Pista 4	*en verde resistencia*
Pista 4	*en azul gradiente de temperatura*
Pista 5	*Litología simplificada*

5.4.7.4 Perfilajes Electromagnéticos

La resistividad de inducción es una curva calculada a partir de la medida de conductividad. La señal es presentada como una curva de resistividad basada en la fórmula C = 1000/R o R = 1000/C, donde C = Conductividad medida por la herramienta.

El sensor de «inducción» es totalmente diferente de los demás sistemas de obtención de la resistividad de las

criam um campo eletromagnético. Uma corrente alternada de intensidade constante é enviada a bobina transmissora que induz a corrente na formação. Esta corrente flui em torno da ferramenta a qual é proporcional a intensidade do campo eletromagnético, seu raio de propagação e a condutividade. Todos esses valores conhecidos permanecem constantes exceto a condutividade. Desta forma a corrente é uma função da condutividade da formação.

O perfil de indução é o mais comumente utilizado para a obtenção da Resistividade verdadeira da formação (Rt). Esta por sua vez é a base para o cálculo dos sólidos totais dissolvidos (TDS). A grande vantagem da ferramenta é que ela não é influenciada pelo fluido de perfuração e pode ser corrida em poços revestidos com PVC.

formaciones. En lugar de electrodos la herramienta posee bobinas, las cuales generan un campo electromagnético. Una corriente alterna de intensidad constante es enviada a la bobina transmisora que induce la corriente en la formación. Esta corriente fluye en torno de la herramienta la cual es proporcional a la intensidad del campo electromagnético, su radio de propagación y la conductividad. Todos esos valores conocidos permanecen constantes excepto la conductividad. De esta forma la corriente es función de la conductividad de la formación.

El perfilaje de inducción es el más comúnmente utilizado para la obtención de la Resistividad verdadera de la formación (Rt). Esta a su vez es la base para el cálculo de los sólidos totales disueltos (TDS). La gran ventaja de la herramienta es que ella no está influenciada por el fluido de perforación y puede ser corrida en los pozos revestidos con PVC.

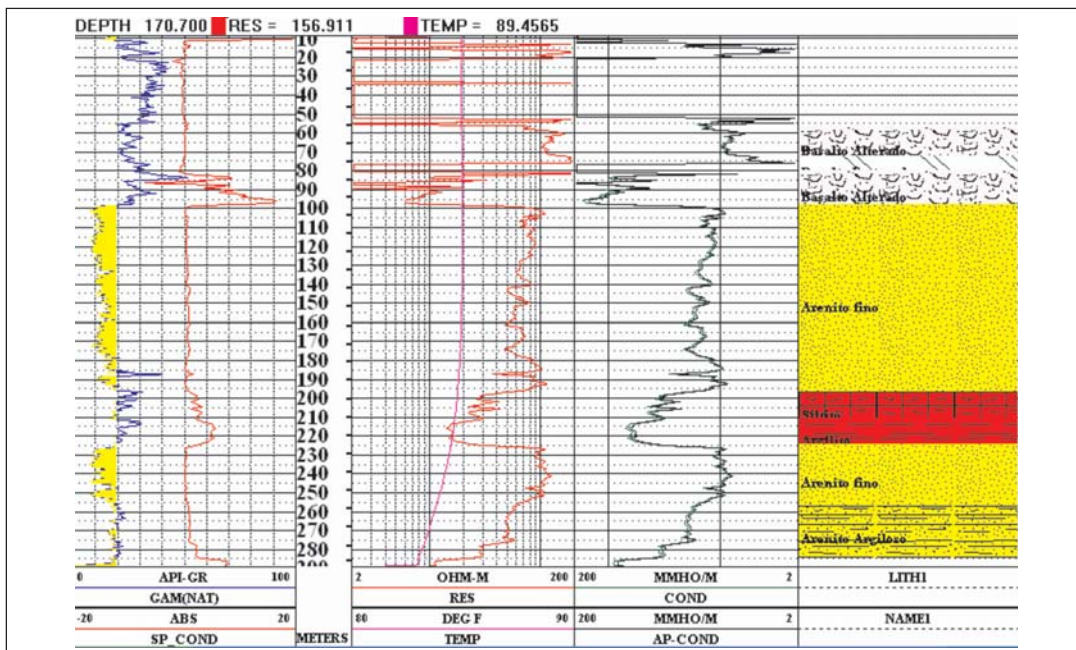



Figura 12.-
Perfil 3 – Perfil de Indução – Eletromagnético, Poço da USP em Ribeirão Preto – São Paulo.

Fonte: Perfil Máster, Equipamento Century

Figura 12.-
Perfilaje de Inducción – Electromagnético, Pozo de la USP en Ribeirão Preto – São Paulo.

Fuente: Perfil Máster, Equipamiento Century

Pista 1 em azul Raios Gama naturais em Graus API
Pista 1 em vermelho – SP_Cond.
Pista 2 Profundidade em metros
Pista 3 em liláz temperatura
Pista 3 em vermelho curva de indução
Pista 4 em preto condutividade aparente
Pista 4 em verde condutividade real corrigida pela temperatua
Pista 5 Litologia simplificada

Pista 1 en azul Rayos Gamma naturales en Grados API
Pista 1 en rojo – SP_Cond.
Pista 2 Profundidad en metros
Pista 3 en lila temperatura
Pista 3 en rojo curva de inducción
Pista 4 en negro conductividad aparente
Pista 4 en verde conductividad real corregida por la temperatura
Pista 5 Litología simplificada

5.4.7.5 Perfis Acústicos

O perfil sônico ou acústico usa o principio de ondas sonoras «viajando» pelo meio perfilado. Geralmente utiliza um simples transmissor e dois receptores, para registro do tempo de transito pela formação. Os receptores estão espaçados de três e quatro pés do transmissor e são chamados de recetor N (near) e receptor F (far).

Em geral o tempo de transito de uma formação depende das propriedades elásticas do meio tais como porosidades e litologias. A ferramenta sônico é usada para calcular a porosidade das formações Este valor no entanto é mais confiável onde é possível se correr perfis nêutron e densidade.

O método padrão de cálculo da porosidade sônico leva em conta a seguinte fórmula:

$$Porosidade\ sônico = \frac{t_{perfil} - t_{matriz}}{t_{Fluido} - t_{Matriz}}$$

Onde:

t_{perfil} tempo de transito lido no perfil em μs/ft;

t_{matriz} tempo de transito da matriz da formação em μs/ft;

t_{fluido} tempo de transito do fluído, 210 μs/ft para água doce.

USGS – Livro 2 – Capítulo E12

O perfil necessita de correções para o reboco, para o fluído (lama) de perfuração e para o diâmetro. Este último por sua vez, quando superior a 10 polegadas exige que a ferramenta seja corrida descentralizada e o mais próximo possível (encostada) da parede. Corrige-se então o valor do Delta t pelo tempo N segundo a fórmula:

$$\Delta t = \frac{t_{perfil}(N) - 50}{0.60975}$$

Century Geophysical Corporation – Manual TR- 153 – 1979

Com a curva resultante calculamos a nova porosidade sônica pela fórmula:

$$Porosidade\ sônico = 63 * (1 - \frac{t_{matriz}}{\Delta t})$$

5.4.7.5 Perfilajes Acústicos

El perfilaje sónico o acústico usa el principio de ondas sonoras «viajando» por el medio perfilado. Generalmente utiliza un simple transmisor y dos receptores, para el registro del tiempo de transito por la formación. Los receptores están espaciados de tres a cuatro pies del transmisor y son llamados de receptor N (near) y receptor F (far).

En general, el tiempo de tránsito de una formación depende de las propiedades elásticas del medio tales como porosidades y litologías. La herramienta sónica es usada para calcular la porosidad de las formaciones. Este valor en tanto es más confiable donde es posible correr perfiles de neutrón y densidad.

El método patrón de cálculo de la porosidad sónica considera la siguiente fórmula:

$$Porosidad\ sônico = \frac{t_{perfil} - t_{matriz}}{t_{Fluido} - t_{Matriz}}$$

Donde:

t_{perfil} *tiempo de tránsito medido en el perfil μs/ft;*

t_{matriz} *tiempo de tránsito de la matriz de la formación en μs/ft;*

t_{fluido} *tiempo de tránsito del fluido, 210 μs/ft para agua dulce.*

USGS – Libro 2 – Capítulo E12

El perfil necesita de correcciones para el revoque, para el fluido (lodo) de perforación y para el diámetro. Este último a su vez, cuando es superior a 10 pulgadas exige que la herramienta sea corrida descentralizada y lo mas próximo posible (recostada) a la pared. Se corrige entonces el valor del Delta t por el tiempo N según la formula:

$$\Delta t = \frac{t_{perfil}(N) - 50}{0.60975}$$

Century Geophysical Corporation – Manual TR- 153 – 1979

Con la curva resultante calculamos la nueva porosidad sónica por la fórmula:

$$Porosidad\ sônico = 63 * (1 - \frac{t_{matriz}}{\Delta t})$$

Observação: t_{matriz} debe estar en µs/m.

Century Geophysical Corporation - Manual TR- 153 - 1979

5.4.7.6 Cálculo de Sólidos Totais Dissolvidos

Para se calcular o teor de sólidos totais dissolvidos – STD - tomamos primeiramente uma resistividade profunda, tipo indução e um perfil de raios gama. De uma maneira prática , pode-se a partir do Perfil de Raios Gama obter o volume de argilas, mediante uso da fórmula que se encontra a seguir. Esta informação permitirá a correção da porosidade efetiva, obtida no perfil sônico.

Considera-se ainda que a resistividade da água da formação é igual a resistividade medida com o perfil de indução dividido pelo fator de formação e este, por sua vez é igual a uma constante (0,62), dividido pela porosidade efetiva elevada a um expoente que corresponde a cimentação (preenchimento).

$$V_{sh} = \frac{Gr - menor\ valor}{Mayor\ valor - menor\ valor}$$

Century Geophysical Corporation – Manual TR- 153 - 1979

Sendo:

Vsh	volume de argilas (folhelhos)
GR	raios de Gama medido no perfil
Maior valor	maior valor de GR lido no perfil
Menor valor	menor valor lido no perfil

A sonda mede os parâmetros e apresenta os valores de porosidade total e não a efetiva. Para su calculo levamos em conta o valor de V_{sh}, ou seja:

$$Porosidade\ efetiva = Porosidade\ total * (1 - V_{sh})$$

Century Geophysical Corporation – Manual TR- 153 - 1979

Para obter os TDS, a fórmula é:

$$TDS = A / \Phi$$

Fonte: Brian R. Peterson - Century Geophysical Corporation

Sendo:

A	constante para meios porosos é 0,62
Ø	porosidade efetiva
m	coeficiente de cimentação que varia para poços rasos pouco cimentados, como o SAG de 1,3 a 1,7 e 2,15 para poços cimentados.

Observación: t_{matriz} debe estar en µs/m.

Century Geophysical Corporation - Manual TR- 153 – 1979

5.4.7.6 Cálculo de Sólidos Totales Disueltos

Para calcular el tenor de sólidos totales disueltos (STD) tomamos primeramente una resistividad profunda, tipo inducción y un perfil de rayos gamma. De una manera práctica se puede a partir del perfil de rayos gamma obtener el volumen de arcillas, mediante uso de la formula que se encuentra a continuación. Esta información permitirá la corrección de la porosidad efectiva, obtenida en el perfil sónico.

Se considera que la resistividad del agua de la formación es igual a la resistividad medida con el perfil de inducción dividido por el factor de formación y este, a su vez es igual a una constante (0.62), dividido por la porosidad efectiva elevada a un exponente que corresponde a la cimentación (relleno).

$$V_{sh} = \frac{Gr - menor\ valor}{Mayor\ valor - menor\ valor}$$

Century Geophysical Corporation – Manual TR- 153 - 1979

Siendo:

Vsh	*volumen de arcillas (pizarra)*
GR	*rayos Gamma medido en el perfil*
Maior valor	*mayor valor de GR medido en el perfil*
Menor valor	*menor valor medido en el perfil*

La sonda mide los parámetros y presenta los valores de porosidad total y no la efectiva. Para su cálculo tomamos en cuenta o valor de V_{sh}, o sea:

$$Porosidad\ efectiva = Porosidad\ total * (1 - V_{sh})$$

Century Geophysical Corporation – Manual TR- 153 - 1979

Para obtener los TDS, la fórmula es:

$$TDS = A / \Phi$$

Fuente: Brian R. Peterson - Century Geophysical Corporation

Siendo:

A	*constante para medios porosos (0,62)*
Ø	*porosidad efectiva*
m	*coeficiente de cementación que varía para pozos someros poco cementados, como el SAG de 1,3 a 1,7 y 2,15 para pozos cementados.*

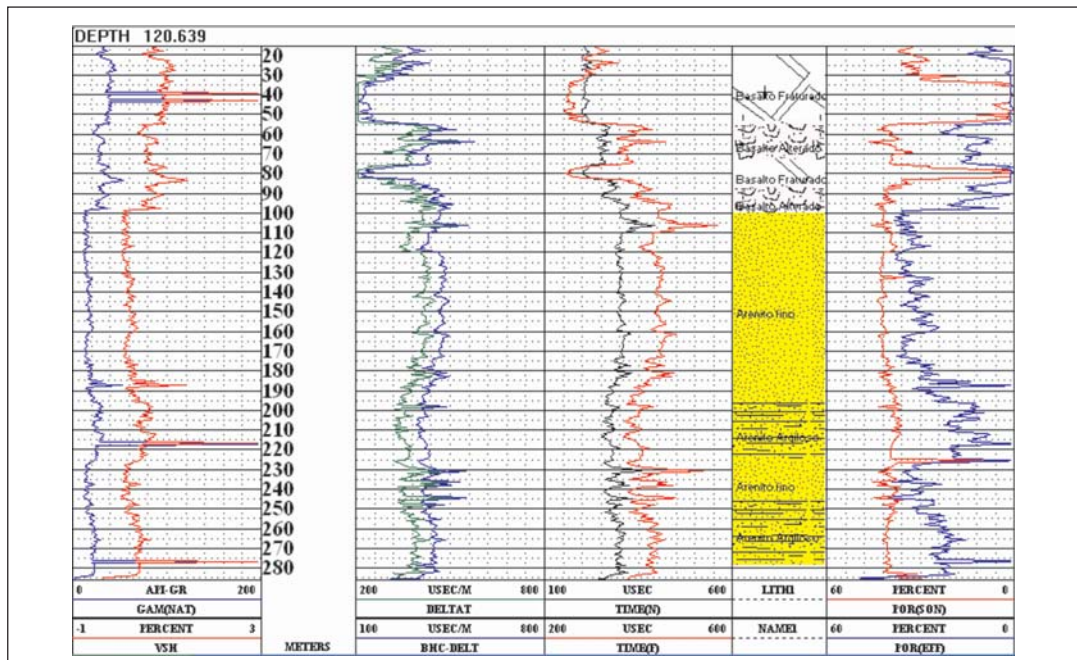



Figura 13.-
Perfil 4 – Perfil Sônico – Acústico, Poço da USP em Ribeirão Preto – São Paulo.

Fonte: Perfil Máster , Equipamento Century

Pista	em azul raios gama naturais em Graus API.
Pista 1	em vermelho – volume de folhelho.
Pista 2	Profundidade em metros
Pista 3	em verde delta t em micro segundos por metro
Pista 3	em azul delta t compensada em micro segundo por metro
Pista 4	em preto tempo do sensor perto (Near).
Pista 4	em vermelho tempo do sensor longe (Far)
Pista 5	Litologia simplificada
Pista 6	em azul porosidade efetiva calculada
Pista 6	em vermelho porosidade total

5.4.7.7 Perfis Térmicos

O sensor de temperatura geralmente encontra-se junto ao sensor de Resistividade do Fluído, na ponta da ferramenta. Ele tem uma resolução de 74 milésimos de ºC. No SAG é muito comum haver gradiente de temperatura no Basalto e o mesmo permanecer constante ao longo de todo o arenito.

5.4.7.8 Perfis Mecânicos

Existem no mercado os seguintes tipos de perfilagens dita mecânica: o de Calibração do poço; o de desvio da vertical do furo; o de amostragem de água do poço e o de fluxo do

Figura 13.-
Perfilaje Sônico – Acústico, Pozo de la USP en Ribeirão Preto – São Paulo.
Fuente: Perfil Máster , Equipamento Century

Pista 1	*en azul rayos gamma naturales en Graus API.*
Pista 1	*en rojo – volumen de pizarra.*
Pista 2	*Profundidad en metros*
Pista 3	*en verde delta t en micro segundos por metro*
Pista 3	*en azul delta t compensada en micro segundo por metro*
Pista 4	*en negro tiempo del sensor cercano (Near).*
Pista 4	*en rojo tiempo del sensor lejano (Far)*
Pista 5	*Litología simplificada*
Pista 6	*en azul porosidad efectiva calculada*
Pista 6	*en rojo porosidad total*

5.4.7.7 Perfilajes térmicos

El sensor de temperatura generalmente se encuentra junto al sensor de resistividad del fluido, en el extremo de la herramienta. El mismo tiene una resolución de 74 milésimos de ºC. En el SAG es muy común tener gradiente de temperatura en el basalto y el mismo permanecer constante a lo largo de toda la arenisca.

5.4.7.8 Perfilajes mecánicos

Existen en el mercado los siguientes perfilajes de tipo mecánico: el de calibración del pozo; el de desvío de la vertical del hueco; el de muestreo de agua del pozo y el de

aqüífero (flow meter). Um breve relato de cada um deles encontra-se a seguir:

O Perfil de Calibração (Caliper log)

Pode ser obtido a partir de ferramentas com um, dois, três ou quatro braços. A ferramenta desce no poço fechada e por um mecanismo eletrônico no fundo abrimos os braços e subimos registrando aos valores medidos. Uma vez na superfície os dados coletados são arquivados o arquivo obtido pode ser processado como, por exemplo, calculando do volume do poço, do revestimento, do espaço anular, e por subtração o volume de pré-filtro a ser injetado no poço.

flujo del acuífero (flow meter). Un breve relato de cada uno de ellos se encuentra a continuación:

El perfilaje de calibración (Caliper log):

Puede ser obtenido a partir de herramienta con uno, dos, tres o cuatro brazos. La herramienta se desciende cerrada dentro del pozo y por un mecanismo electrónico en el fondo, se abren los brazos y se sube registrando los valores medidos. Una vez en la superficie los datos colectados son archivados, y el archivo obtenido puede ser procesado, por ejemplo, calculando el volumen del pozo, del revestimiento, del espacio anular, y por sustracción el volumen de prefiltro a ser inyectado en el pozo.

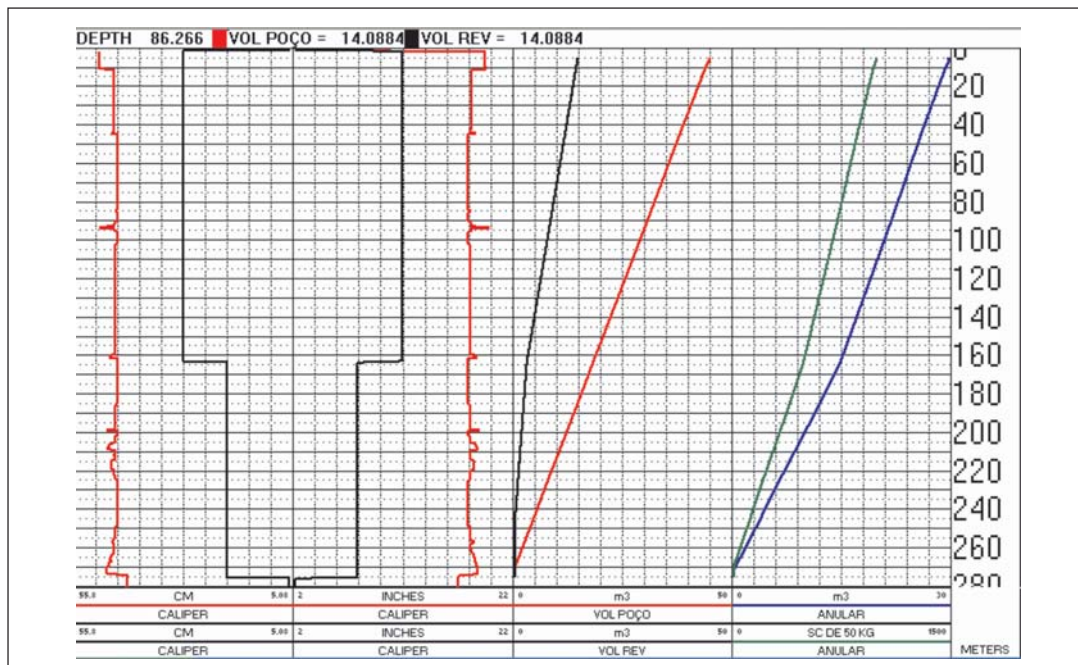



Figura 14.-
Perfil Cáliper com integração de volumes. Poço da USP em Ribeirão Preto – São Paulo.

Fonte: Perfil Máster, Equipamento Century

Figura 14.-
Perfilaje Cáliper con integración de volúmenes. Pozo de la USP en Ribeirão Preto – São Paulo.

Fuente: Perfil Máster, Equipamento Century

Pista 1 em vermelho diâmetro do poço em centímetros.
Pista 1 em preto diâmetro do revestimento em centímetros.
Pista 2 em preto diâmetro do revestimento em polegadas.
Pista 2 em vermelho diâmetro do poço em polegadas.
Pista 3 em preto volume do revestimento em m^3.
Pista 3 em vermelho volume do poço em m^3.
Pista 4 em azul volume do espaço anular em m^3.
Pista 4 em verde volume do espaço anular em sacos de areia de 50 kg cada.

A informação obtida na pista 4 – verde, indica qual a quantidade de sacos de 50 kg de areia (usual no mercado para condicionar o pré-filtro) para preencher o espaço anular. Fonte: Software Display – Century.

Pista 1 en rojo diámetro del pozo en centímetros.
Pista 1 en negro diámetro del revestimiento en centímetros.
Pista 2 en negro diámetro del revestimiento en pulgadas.
Pista 2 en rojo diámetro del pozo en pulgadas.
Pista 3 en negro volumen del revestimiento en m^3.
Pista 3 en rojo volumen del pozo en m^3.
Pista 4 en azul volumen del espacio anular en m^3.
Pista 4 en verde volumen del espacio anular en bolsas de arena de 50 kg cada una.

La información obtenida en la pista 4 – verde, indica cual es la cantidad de bolsas de 50 kg de arena (usual en el mercado para acondicionar el pre-filtro) para rellenar el espacio anular. Fuente: Software Display – Century.

Perfil de verticalidade

O Perfil de Verticalidade do Furo tem como sensor um magnetômetro instalado na ferramenta. Com ele obtemos o desvio da vertical, até 90º e azimute até 360º. Com o registro continuo verificamos o que passa no poço ao longo de toda a perfuração e podemos inclusive prever problemas para a instalação do revestimento e também aos equipamentos de bombeamento e exploração do poço.

Perfil de Amostragem

O Perfil de Amostragem de poço, como o próprio nome diz, trata-se de coletar amostras de água a determinadas profundidades, com uma garrafa com 1 litro de capacidade e um mecanismo similar ao do caliper o qual abre a garrafa na profundidade desejada, enche o recipiente e fecha, trazendo para a superfície uma amostra pontual, não contaminada.

Flow Meter

Trata-se de uma ferramenta dotada de uma turbina perpendicular ao eixo principal e que é muito sensível ao fluxo da água, ainda que de pequenos volumes e baixa velocidade. É utilizada principalmente quando o poço é surgente, Nesta condição, permite obter informações mais precisas a respeito da piezometria dos aqüíferos.

5.4.8. Instalação da coluna de revestimento

A coluna de produção é composta de tubos lisos, filtros e centralizadores. Pode-se dispor a coluna de forma solidária, telescópica ou não, soldada ou rosqueada, e ainda segmentada.

5.4.8.1 Seleção dos tubos lisos

A coluna de revestimento, constituída pelos tubos e filtros tem sua definição na interpretação decorrente do conjunto de informações constituídas pelo perfil do tempo de penetração, da descrição das amostras e das perfilagens geofísicas realizadas. Outras informações como variação da viscosidade, densidade, consumo de água também contribuem para a decisão a ser adotada.

A coluna de revestimentos constituída de tubos lisos e filtros se estenderá desde o fundo do poço até a superfície ou não.

O revestimento, quando se estende até a superfície, deverá prever a posição da câmara de bombeamento, que é função do nível piezométrico, do nível dinâmico projetado e do volume de água que se pretende extrair do poço.

Perfilaje de verticalidad

El perfil de verticalidad del pozo tiene como sensor un magnetómetro instalado en la herramienta. Con él obtenemos el desvío de la vertical, hasta 90º y azimutal hasta 360º. Con el registro continuo verificamos lo que sucede en el pozo a lo largo de toda la perforación, y podemos inclusive prever problemas para la instalación del revestimiento y también los equipamientos de bombeo y explotación del pozo.

Perfilaje de muestreo

El perfil de muestreo del pozo, como el propio nombre lo indica, se trata de colectar muestras de agua, a determinadas profundidades con un recipiente con un litro de capacidad, accionado por un mecanismo similar al del caliper, el cual abre el recipiente a la profundidad deseada, llena el recipiente y cierra, trayendo hacia la superficie una muestra puntual, no contaminada.

Flow meter

Se trata de una herramienta dotada de una turbina perpendicular al eje principal, la cual es muy sensible al flujo de agua, aún para pequeños volúmenes y baja velocidad. Es utilizada principalmente cuando el pozo es surgente. En estas condiciones, permite obtener información mas precisa al respecto de la piezometría de los acuíferos.

5.4.8 Instalación de la columna de revestimiento

La columna de producción esta compuesta de tubos lisos, filtros y centralizadores. Se puede disponer la columna de forma solidaria, telescópica o no, soldada o roscada, y aún segmentada.

5.4.8.1 Selección de los tubos lisos

La columna de revestimiento, constituida por los tubos y filtros se define a partir de la interpretación de la información constituida por el perfil del tiempo de penetración, de la descripción de las muestras y de los perfilajes geofísicos realizados. Otra información como variación de viscosidad, densidad, consumo de agua, también contribuye a la decisión a ser adoptada.

La columna de revestimiento constituida de tubos lisos y filtros se extenderá desde el fondo del pozo hasta la superficie o no.

El revestimiento, cuando se extiende hasta la superficie, deberá prever la posición de la cámara de bombeo, que es función del nivel piezométrico, del nivel dinámico proyectado y del volumen de agua que se pretende extraer del pozo.

De uma maneira geral, esta coluna que pode ser única ou (dependendo de seu peso), segmentada, deve considerar ainda aspectos de segurança e do monitoramento da instalação do pré-filtro ao poço.

No caso em que a coluna de revestimento se estende parcialmente no poço, apoiada no fundo e recobrindo parcialmente o basalto sobreposto, a mesma recebe a denominação de *liner*. Esta coluna é instalada com a utilização de uma peça denominada rosca esquerda ou por um suspensor denominado *liner hanger*. Ainda nesta situação, além da instalação do filtro índice (conforme indicado abaixo), recomenda-se a aplicação de até cerca de 100 metros de tubos lisos acima deste filtro índice. Nesta posição é que se disporá a rosca esquerda ou outra peça com finalidade similar.

Outro ponto importante diz respeito a instalação de filtros índices em uma posição normalmente situada no basalto, numa distância não inferior a 60 metros do topo do aqüífero (e da secção de filtros). Este filtro índice tem a finalidade de auxiliar e controlar adequadamente a instalação do pré-filtro no poço.

Toda a coluna deverá ser dotada de centralizadores. Na zona produtora devem ficar eqüidistantes de 12 a 18 m e deverão ser definidos de acordo com o projeto.

No caso de coluna solidária, os centralizadores rígidos deverão ser constituídos preferencialmente com chapa de aço de espessura de ¼» por largura de 2 polegadas por 12 polegadas de comprimento e no caso de *liner* deverão ser do tipo cesto de molas, ou seja, flexíveis.

5.4.8.2 Filtro

Os filtros são também conhecidos por se constituir na parte mais sensível de um poço tubular. Popularmente é dito que se trata do coração do poço, tamanha a sua importância.

O dimensionamento dos filtros, a definição de suas características físicas construtivas, o tipo e abertura das ranhuras e a metodologia de sua instalação é que vai possibilitar um aproveitamento adequado do aqüífero, com o menor percentual de perdas de carga, a melhor eficiência e relação de consumo de energia por metro cúbico de água extraída. Os procedimentos sugeridos para esta definição deverão considerar variáveis, que são válidas e aplicadas a qualquer situação e aqüífero e não exclusivamente ao Aqüífero Guarani.

De manera general, esta columna que puede ser única o (dependiendo de su peso) segmentada, debe considerar aún aspectos de seguridad y de monitoreo de la instalación del pre-filtro al pozo.

En el caso en que la columna de revestimiento se extienda parcialmente en el pozo, apoyada en el fondo y recubriendo parcialmente el basalto sobreyacente, la misma recibe la denominación de liner. Esta columna es instalada con la utilización de una pieza denominada rosca izquierda o por un suspensor denominado liner hanger. Aún en esta situación, además de la instalación del filtro índice (conforme será indicado posteriormente), se recomienda la aplicación de alrededor de 100 metros de tubos lisos por encima de este filtro índice. En esta posición es que se dispondrá de la rosca izquierda u otra pieza con finalidad similar.

Otro punto importante refiere a la instalación de filtros índices en una posición normalmente situada en el basalto, en una distancia no inferior a 60 metros de la parte superior del acuífero (y de la sección de los filtros). Este filtro índice tiene la finalidad de auxiliar y controlar adecuadamente la instalación del pre-filtro en el pozo.

Toda la columna deberá ser dotada de centralizadores. En la zona productora deben estar equidistantes de 12 a 18 metros y deberán ser definidos de acuerdo con el proyecto.

En el caso de columna solidaria, los centralizadores rígidos deberán ser constituidos preferiblemente con chapas de acero de ¼» de espesor por 2 pulgadas de ancho y 12 pulgadas de largo, y en el caso de liner deberán ser del tipo flexibles.

5.4.8.2 Filtro

Los filtros son también conocidos por constituir la parte más sensible de un pozo tubular. Popularmente se dice que se trata del «corazón del pozo», lo que indica su gran importancia.

El dimensionado de los filtros, la definición de sus características físicas constructivas, el tipo y abertura de las ranuras y la metodología de su instalación es lo que va a posibilitar un aprovechamiento adecuado del acuífero, con el menor porcentaje de pérdida de carga, mejor eficiencia y relación de consumo de energía por metro cúbico de agua extraída. Los procedimientos sugeridos para esta definición deberán considerar variables, que son válidas y aplicables a cualquier situación y acuífero, y no exclusivamente al Acuífero Guaraní.

a. Abertura de ranhuras dos filtros e seleção de pré-filtro
b. Comprimento.
c. Diâmetro.
d. Material.

a) Abertura de ranhuras dos filtros e seleção de pré-filtro

A base para o dimensionamento das ranhuras dos filtros e seleção do pré-filtro, é sustentada pela análise granulométrica de amostras representativas da formação produtora de água, neste caso do aqüífero Guarani. Com base na análise, é possível se criar gráficos, considerando de um lado o diâmetro dos grãos plotado em abscissas (abertura das peneiras usadas) contra a porcentagem do peso acumulado (material retido em cada peneira), em ordenadas para cada amostra.

Nesta curva obtêm-se, em primeiro lugar, o *Tamanho Efetivo*, equivalente ao tamanho da peneira que retém 90% da amostra.

O *Coeficiente de Uniformidade* indica a gradação do material. Este é o segundo indicador a se levar em conta e define a razão entre a abertura da peneira 40 e o tamanho efetivo:

$$C_u = T_{40}/T_{90}$$

Neste ponto, utilizando se as recomendações da Johnson Screens, por serem as mais difundidas e aceitas. São diversos os critérios a considerar.:

Se T e $\geq$ 0,25 mm e $C_u \geq 2{,}50$, não requer o uso de pré-filtro. No caso do aqüífero Guarani sempre será necessária a instalação de pré filtro.

Para estabelecer a abertura do filtro, A_f neste caso, deve-se considerar a seleção granulométrica e o risco de desabamento.

a1. Se a formação aqüífera possui grão uniforme ($3 \leq C_u \leq 6$), e existindo risco de desabamento: $A_f \leq T_{60}$; e se não existe risco: $A_f \leq T_{40}$.

a2. Se a formação aqüífera é de grão variado ($C_u > 6$), e existe risco de desabamento: $A_f \leq T_{50}$, e se não existe risco: $A_f \leq T_{30}$.

a3. Se a formação aqüífera é estratificada, e se a relação de T_{50} do material grosso e o T_{50} do material fino é menor que quatro, ($T_{50m.gr.} / T_{50m.f.} < 4$), se pode projetar com abertura única e de acordo com a fração fina. Se a relação é maior que 4, se projeta com duas aberturas.

a) Abertura de ranuras de los filtros y selección del pre-filtro
b) Largo
c) Diámetro
d) Material

a) Abertura de ranuras de los filtros y selección del pre-filtro

La base para el dimensionamiento de las ranuras de los filtros y selección del pre-filtro, está sustentada por el análisis granulométrico de las muestras representativas de la formación productora de agua, en este caso el Acuífero Guaraní. Con base en el análisis, es posible hacer gráficos, considerando, por un lado el diámetro de los granos, graficando en abscisas (abertura de las tamices usados) contra el porcentaje de peso acumulado (material retenido en cada tamiz), en ordenadas para cada muestra.

En esta curva se obtiene, en primer lugar, el Tamaño Efectivo, equivalente al tamaño de tamiz que retiene el 90 % de la muestra.

El Coeficiente de Uniformidad indica la graduación del material. Este es el segundo indicador a ser tenido en cuenta, y se define como la razón entre la abertura del tamiz 40 y el Tamaño Efectivo:

$$C_u = T_{40}/T_{90}$$

En este punto se utilizan las recomendaciones de Filtros Johnson, por ser las más difundidas y aceptadas. Son diversos los criterios a considerar:

Si T es $\geq$ 0,25 mm y C_u es $\geq$ 2,50, no requeriría el uso de pre-filtro. En el caso del Acuífero Guaraní siempre será necesaria la instalación de pre filtro.

Para establecer la abertura del filtro, A_f en éste caso, se debe considerar la selección granulométrica y el riesgo de derrumbe.

a1. Si la formación acuífera posee grano uniforme ($3 \leq C_u \leq 6$), y existe riesgo de derrumbe: $A_f \leq T_{60}$; y si no existe riesgo: $A_f \leq T_{40}$.

a2. Si la formación acuífera no es de grano uniforme ($C_u > 6$), y existe riesgo de derrumbe: $A_f \leq T_{50}$, y si no existe riesgo: $A_f \leq T_{30}$.

a3. Si la formación acuífera es estratificada, y si la relación de T_{50} del material grueso y el T_{50} del material fino es menor que cuatro, ($T_{50m.gr.} / T_{50m.f.} < 4$), se puede proyectar con abertura única y de acuerdo con la fracción fina. Si la relación es mayor que 4, se proyecta con dos aberturas.

Se Te $<$ 0,25 mm e/ou C_u $<$ 2,50, requer o uso de pré-filtro.

Neste caso a curva do pré filtro é projetado junto à curva granulométrica da formação. A seleção do pré-filtro pode ser feita de acordo com as seguintes condições:

$$4T_{70} \leq T_{G70} \leq 6T_{70} \text{ e } 1 \leq C_{uG} \leq 2{,}50$$

onde: $A_f \leq T_{G90}$

(T_G = Tamanho da peneira que retém uma porcentagem do pré-filtro de cascalho; C_{uG} = Coeficiente de uniformidade do pré filtro.

A curva de pré filtro é projetada tomando como base o T_{90} (Te) da formação aqüífera, multiplicado por um fator entre 4 a 6 (usualmente 5) e como segunda condição dar a esta curva projetada do pré filtro o mesmo coeficiente de uniformidade da formação. A abertura teórica do filtro (A_f) correspondera ao T_{90}, ou seja retem 90% do pré filtro.

Por questão de segurança a recomendação é a de se buscar filtros com aberturas que mais se aproximem deste valor (a menor).

b) Comprimento
Para o comprimento do filtro em aqüíferos livres se adota ½ a H_0 onde H_0 é a espessura saturada do aqüífero.

Para aqüíferos confinados, se adota 70 a 80% da extensão total do aqüífero.

c) Diâmetro
Para o diâmetro do filtro, a porcentagem de área livre será tal que a velocidade de entrada seja inferior ou igual a 3 cm/seg. (para cumprimento da lei de Darcy.

$$\% A_L \rightarrow v \leq 3 \text{ cm / seg.}$$

d) Material
O material do filtro deve ser escolhido de acordo com a composição química da água, da presença de ferro bactérias, do potencial redox e nas necessidades de resistência (Custodio e Llamas, 1966).

Em resumo:

1º: Cálculo de abertura da ranhura do filtro (sem pré-filtro ou com pré-filtro);

2º: Cálculo da área livre: A_L = Q/V, onde Q: vazão do projeto; V: velocidade máxima admissível (3 cm/seg).

Si Te < 0,25 mm y/o C_u < 2,50, requiere del uso de pre-filtro.

En éste caso la curva del pre filtro es proyectada junto a la curva granulométrica de la formación. La selección del pre-filtro puede ser hecha de acuerdo a las siguientes condiciones:

$$4T_{70} \leq T_{G70} \leq 6T_{70} \text{ e } 1 \leq C_{uG} \leq 2{,}50$$

donde: $A_f \leq T_{G90}$

(T_G = Tamaño de la zaranda que retiene un porcentaje del pre-filtro de grava; C_{uG} = Coeficiente de uniformidad del pre-filtro.

La curva del pre-filtro es proyectada tomando como base el T_{90} (Te) de la formación acuífera, multiplicado por un factor entre 4 y 6 (usualmente 5), y como segunda condición asignar a ésta curva proyectada del pre-filtro el mismo coeficiente de uniformidad de la formación. La abertura teórica del Filtro (A_f) corresponderá al T_{90}, o sea retiene 90 % del pre-filtro.

Por una razón de seguridad, la recomendación es la de buscar obtener filtros con aberturas que más se aproximen a éste valor (la menor).

b) Largo
Para el largo del filtro en acuíferos libres se adopta ½ de H_0, donde H_0 es el espesor saturado del acuífero.

Para acuíferos confinados, se adopta 70 a 80 % de la extensión total del acuífero.

c) Diámetro
Para el diámetro del filtro, el porcentaje de área libre de pasaje será tal que la velocidad de entrada sea inferior o igual a 3 cm./seg. (para el cumplimiento de la Ley de Darcy).

$$\% A_L \rightarrow v \leq 3 \text{ cm / seg.}$$

d) Material
El material del filtro debe ser escogido de acuerdo con la composición química del agua, de la presencia de ferro bacterias, del potencial redox y de las necesidades de resistencia (Custodio y Llamas, 1966).

En resumen:

1º: Cálculo de abertura de la ranura del filtro (sin pre-filtro o con pre-filtro);

2º: Cálculo del área libre A_L = Q/V, donde Q: caudal de proyecto; V: velocidad máxima admisible (3 cm./seg.).

3º: Cálculo da área total filtrante: $A_T = (A_L / \% A_L) x100$. Os valores são obtidos de tabelas fornecidas pelos fabricantes de filtros, em função da abertura do filtro.

4º: Escolha do comprimento.

5º: Cálculo do diâmetro: $\varphi = A_T / (\pi.L)$; L = comprimento do filtro.

6º: Adota-se o diâmetro mais próximo em polegadas, e se recalcula o comprimento:

$$L = A_T / (\pi.\ \varphi)$$

Logo, através de tabelas escolhe-se o tubo de revestimento em função da bomba que vai utilizar, seu diâmetro, espessura, material e comprimento.

5.4.9. Pré-filtro

O material do pré-filtro deve ser fundamentalmente de sílica, sendo constituído por grãos arredondados e bem selecionados.

5.4.9.1 Instalação de pré-filtro

A teoria recomenda que para a definição da ranhura (ou abertura) de um filtro, seja realizado uma ou mais análises granulométricas do aqüífero. O número de análises é tanto maior quanto for à heterogeneidade do aqüífero e poderá ser simplificado a uma única análise se as observações confirmarem que o mesmo se apresenta bem homogêneo. Uma vez realizado o ensaio granulométrico e dispondo de sua curva padrão, é possível se conhecer vários parâmetros que fornecem indicação do grau de uniformidade e outros, tais como os indicadores D 10; D 40; D 70 e D90, relacionados com a abertura da peneira que reteria percentualmente montantes de 40% 70% e 90% .

No exemplo que é informado a seguir, se utilizou uma amostra específica de um poço tubular profundo executado em Araraquara – Estado de São Paulo, Brasil.

Neste poço foram realizadas outras análises granulométricas e mesmo tendo sido constatada pequenas alterações na curva padrão, se admitiu a curva apresentada para definir a abertura do filtro.

3º: Cálculo del área total filtrante: $A_T = (A_L / \% A_L) x100$. Los valores son obtenidos de tablas aportadas por los fabricantes de filtros, en función de la abertura del filtro.

4º: Selección del largo .

5º: Cálculo del diámetro $\varphi = A_T / (\pi.L)$; L = largo del filtro.

6º: Se adopta el diámetro más próximo en pulgadas, y se calcula el largo:

$$L = A_T / (\pi.\ \varphi)$$

Luego, a través de tablas se escoge el tubo de revestimiento en función de la bomba que se utilizará, su diámetro, espesor, material y largo.

5.4.9 Pre-filtro

El material del pre-filtro debe ser fundamentalmente de sílice, estando constituido por granos redondeados y bien seleccionados.

5.4.9.1 Instalación del pre-filtro

La teoría recomienda que para la definición de la ranura (o abertura) de un filtro, sean realizados uno o más análisis granulométricos del acuífero. El número de análisis es tanto mayor cuanto mayor es la heterogeneidad del acuífero, y podrá ser simplificado a un único análisis si las observaciones confirman que el mismo se presenta muy homogéneo. Una vez realizado el ensayo granulométrico y comparado con su curva patrón, es posible conocer varios parámetros que ofrecen indicación del grado de uniformidad y otros, tales como los indicadores D10; D40; D70 y D90, relacionados con la abertura del tamiz que retiene porcentajes superiores de 40%, 70% y 90%.

En el ejemplo que es desarrollado a continuación, se utilizó una muestra específica de un pozo tubular profundo ejecutado en Araraquara – Estado de São Paulo, Brasil.

En este pozo fueron realizados otros análisis granulométricos y constatándose pequeñas alteraciones en la curva patrón, se admitió la curva presentada para definir la abertura del filtro.

Análisis granulométrico

	Municipio: Araraquara/SP
Local: Distrito Industrial	**Pozo:**

Muestra Nº 01	**Tipo:** Areniscas	**Intervalo:** 82 a 184 metros

Clasificación	Granulometría (mm)	Tamiz (mm)	Peso (g)	% Intervalo	% Acumulado	% Pasa
Pedregullo	superior a 2,0	2,0	0,050	0,007	0,007	99,993
Arena muy gruesa	1,0 a 2,0	1,0	0,35	0,050	0,058	99,942
Arena Gruesa	0,5 a 1,0	0,50	0,84	0,121	0,178	99,822
Arena media	0,25 a 0,5	0,420	5,40	0,777	0,955	99,045
		0,350	23,00	3,309	4,264	95,736
		0,297	68,30	9,825	14,089	85,911
		0,250	159,90	23,003	37,092	62,908
Arena fina	0,125 a 0,25	0,210	33,30	4,790	41,882	58,118
		0,177	185,00	26,613	68,496	31,504
		0,149	162,70	23,405	91,901	8,099
		0,125	13,20	1,899	93,800	6,200
Arena muy fina	0,076 a 0,125	0,74	38,70	5,567	99,367	0,633
Limo y arcilla	debajo de 0,076	fundo	4,40	0,633	100,000	0,000
	Peso Total Utilizado:		**695,14**	**gramos**		

Figura 15.-
Curva granulométrica de um poço no Aqüífero Guarani com a curva de seleção de pré-filtro.

Figura 15.-
Curva granulométrica de un pozo en el Acuífero Guaraní con la curva de selección del pre-filtro.

Uma vez determinada a curva granulométrica e com os diâmetros referentes a retenção de 40% – 70% e 90% se define o coeficiente de uniformidade da amostra representativa do aqüífero e a partir desta se pode preparar a curva teórica do pré-filtro a ser utilizado.

Hidraulicamente é tido como adequado um pré-filtro de coeficiente de uniformidade semelhante e que:

- tomando-se o diâmetro do tamanho correspondente a 70% da areia retida (D 70), e multiplicando este valor por um coeficiente entre 4 e 6. Usualmente tem sido adotado o número 5.
- Este tamanho de partícula vai corresponder também ao ponto onde 70% do pré-filtro também seria retido em uma peneira.
- Utilizando-se este ponto e aferindo-se mesmo pelo D 90, (o mesmo principio) traça-se por tentativa curvas que possam representar a curva granulométrica do pré-filtro desejado.
- Por último e através deste processo, se define a abertura do filtro, de tal maneira que o mesmo retenha o equivalente a 90% (D-90) deste pré-filtro.
- Na prática, se procura trabalhar com materiais – tanto o filtro quanto o pré-filtro que são mais disponíveis no mercado e que mais se aproximam destas condições.

No exemplo adotado, foram aplicados filtros espiralados, com abertura de 0,75 mm (usual no mercado) e um pré-filtro cuja curva granulométrica se aproximou de 1,00 a 2,00 mm, sendo este um material basicamente quartzoso, bem arredondado e que apresentava um coeficiente de uniformidade idêntico ao da amostra selecionada.

A experiência indica que muitos poços do aqüífero Guarani apresentam na sua porção eólica uma predominância de areias com diâmetro da ordem de 0,176 mm, enquanto sua fração flúvio lacustre tem um diâmetro de 0,113 mm. Esse fato deve ser utilizado pelo projetista, que ao checar com outros elementos regionais poderá confirmar a característica do filtro a ser aplicado ao poço.

O mercado na área do Mercosul oferece determinados padrões básicos que usualmente são os de 0,25mm, 0,50 mm, 0,75 mm, 1,00 mm e acima. Com estas informações e ainda a consideração da profundidade de instalação do filtro, da qualidade da água é possível caracterizar o filtro.

Com a definição do filtro, caberia ao projetista e ao executor da perfuração, adotar os demais procedimentos recomendados (amostragem,descrição litológica, perfis de avanço e outros etc.) e se definir com precisão o posicionamento dos filtros no poço

Una vez determinada la curva granulométrica y con los diámetros referentes a retención de 40%, 70% y 90% se define el coeficiente de uniformidad de la muestra representativa del acuífero y a partir de ésta se puede ajustar la curva teórica del pre-filtro a ser utilizado.

Hidráulicamente se considera adecuado un pre-filtro de coeficiente de uniformidad semejante y que:

- *Tomándose el diámetro del tamaño correspondiente a 70% de la arena retenida (D70), y multiplicando este valor por un coeficiente entre cuatro y seis (usualmente ha sido adoptado cinco).*
- *Este tamaño de partícula va a corresponder también al punto donde 70% del pre-filtro también sería retenido en un tamiz.*
- *Se utiliza este punto y refiriéndose igual para D90, (el mismo principio) se trazan tentativamente curvas que puedan representar la curva granulométrica del pre-filtro deseado.*
- *Por último y a través de este proceso, se define la abertura del filtro, de tal manera que el mismo retenga el equivalente a 90% (D90) del pre-filtro.*
- *En la práctica, se procura trabajar con materiales, tanto para el filtro como el pre-filtro, que estén más disponibles en el mercado y que más se aproximen a estas condiciones.*

En el ejemplo fueron aplicados filtros espiralados, con abertura de 0.75 mm (usual en el mercado) y un pre-filtro cuya curva granulométrica se aproximó a 1.00 a 2.00 mm, siendo éste material básicamente cuarzoso, bien redondeado y que presenta un coeficiente de uniformidad idéntico al de la muestra seleccionada.

La experiencia indica que muchos pozos del acuífero Guaraní presentan en su porción eólica un predomio de arenas con diámetro del orden de 0.176 mm, en cuanto a su fracción fluvio-lacustre tiene un diámetro de 0.113 mm. Esta experiencia debe ser utilizada por el proyectista, que al comparar con otros elementos regionales podrá confirmar la característica del filtro a ser aplicado al pozo.

El mercado en el área del MERCOSUR ofrece determinados patrones básicos que usualmente son los de 0.25 mm, 0.50 mm, 0.75 mm, 1.00 mm y mayores. Con esta información, y teniendo en consideración la profundidad de instalación del filtro y de la calidad del agua es posible caracterizar el mismo.

Con la definición del filtro, cabría para el proyectista y al ejecutor de la perforación, adoptar los demás procedimientos recomendados (muestreo, descripción litológica, perfil de avance y otros, etc.) y definir con precisión la posición de los filtros en el pozo.

Para o dimensionamento de filtros, recomendamos os seguintes passos:

- Em poços com profundidade superior a 300 metros, se recomenda a utilização de filtros de maior resistência ao colapso. Em alguns tipos de filtros isto é obtido com o aumento do diâmetro e da quantidade de arames verticais (pé direito do filtro). Em outros é recomendável o aumento da espessura da chapa de aço que irá ser utilizada na sua confecção.
- Situação extrema onde se projeta e se aplica filtros a profundidades superiores a 800 metros, deve haver uma maior preocupação com a questão de colapso e «fechamento» do poço.
- Nestes caso, deve-se optar pela instalação dos filtros hiper reforçados ou «jaquetados». Este tipo de filtro utiliza o próprio tubo de revestimento, como base para a confecção de um filtro espiralado sobre ele. O tubo, ainda que perfurado, vai dispor de maior resistência que o filtro isoladamente. Este tipo de filtro decorre da construção do filtro espirado, utilizando o próprio tubo de revestimento (com perfurações) que substituirá as colunas verticais usuais (pé direito). Vale a observação de que a utilização de filtros inoxidáveis (AISI 304) e com menor % de área aberta, oferecem também uma maior resistência mecânica. Neste caso é necessária a avaliação técnico financeira para se definir o tipo que melhor se adapta e que melhor resultado pode conferir a estrutura do sistema de produção de água. Sem dúvida, a questão da utilização de filtros de aço inoxidável, poderá ser uma conseqüência tão somente da característica físico química da água
- Na seqüência são apresentadas ilustrações de perfis de filtros comerciais, constituídos por FILTROS denominados espiralados, de chapas perfuradas ou estampados, e de PVC.

De maneira geral, e tomando-se uma abertura padrão para as ranhuras equivalente a 1,00 mm é informado o percentual médio de área aberta de cada filtro. Na seqüência também é mostrado as condições normais de fluxo de água na passagem pelos mesmos.

A aplicabilidade de os tipos de filtros está condicionado a fatores como profundidade, % de área aberta, risco de colapso, objetivos em termos de volume a ser explorado e custos – seja do filtro, seja o do custo operacional (que normalmente não é considerado e que, por questão de perda de carga e de maior profundidade do nível d' água, vai impactar o custo de bombeamento).

Para el dimensionado de los filtros, se recomiendan los siguientes pasos:

- *En pozos con profundidad superior a los 300 metros, se recomienda utilizar filtros de mayor resistencia al colapso. En algunos tipos de filtros esto se obtiene con el aumento del diámetro y de la cantidad de alambres verticales. En otros es recomendable el aumento del espesor de chapa de acero que servirá para su fabricación.*
- *La situación extrema donde se proyecta y se colocan filtros a profundidades mayores a los 800 metros, debe existir una preocupación mayor con el asunto del colapso y «cerramiento» del pozo.*
- *En estos casos, se debe optar por la instalación de los filtros hiper reforzados o «enchaquetaquetados, encamisados». Este tipo de filtro utiliza el propio tubo de revestimiento, como base para la elaboración de un filtro espiralado sobre él. El tubo perforado, va a presentar mayor resistencia que el filtro aislado. Este tipo de filtro resulta de la construcción del filtro espiralado, utilizando el propio tubo de revestimiento (con perforaciones) que sustituirá a las columnas verticales usuales. Vale la observación de que la utilización de filtros inoxidables (AISI 304) y con menor % de área abierta, ofrecen también una mayor resistencia mecánica. En éste caso es necesario el análisis técnico-financiero, para definir el tipo de filtro que mejor se adapta y que mejor resultado puede ofrecer a la estructura del sistema de producción de agua. Sin duda, el asunto de la utilización de filtros de acero inoxidable, podrá ser una consecuencia de las características físico química del agua.*
- *En la secuencia siguiente se presentan ilustraciones de perfiles de filtros comerciales, constituidos por filtros denominados espiralados, de chapas perforadas o estampadas, y de PVC.*

De manera general, y tomando una abertura patrón para las ranuras equivalentes a 1.00 mm, es presentado el porcentaje medio de área abierta de cada filtro. En la secuencia también se muestran las condiciones normales de flujo del agua en el pasaje por los mismos.

La aplicabilidad de los tipos de filtros está condicionada a factores como la profundidad, % de área abierta, riesgo de colapso, objetivos en términos de volumen a ser explotados y costos - sea el del filtro o el operacional (que normalmente no es considerado y que, por motivos de pérdida de carga y de mayor profundidad del nivel del agua, va a impactar en el costo del bombeo).

Figura 16.-
Tipos de filtro e esquema de fluxo neles

Figura 16.-
Tipos de filtro y esquema de flujo en ellos

A utilização de filtros de PVC está limitada a profundidades da ordem de 200/250 metros e a aspectos como temperatura da água.

No caso de filtros estampados em chapa de aço, denominados tipo veneziana ou Nold, a restrição a sua aplicação em áreas do Aqüífero Guarani, decorre do fato de que o mesmo não apresenta uniformidade de abertura ao longo de sua estrutura tornando-se vulnerável e não recomendavel.

5.4.10. Condições especificas de coluna de revestimento e pré filtro

5.4.10.1 Instalações nos poços não surgentes

A instalação da coluna de tubos lisos e filtros deverá ser precedida de um recondicionamento do fluido de perfuração a fim de garantir suas propriedades reológicas. O objetivo é reduzir ao máximo a viscosidade do fluído de perfuração antes do inicio da instalação da coluna de revestimento (meta de 40 segundos) e de tal maneira que ao término do processo se atinja rapidamente a viscosidade de 35 segundos no Funil Marsh, melhorando as condições de instalação do pré-filtro.

5.4.10.2 Instalações nos poços surgentes

A instalação da coluna de tubos lisos e filtros deverá ser precedida de um ajuste do peso do fluído de perfuração a fim de assegurar que durante a instalação da coluna, o poço não entre em surgência, o que poderia acarretar a perda de materiais e do próprio poço. Este controle é feito

La utilización de filtros de PVC está limitada a profundidades del orden de los 200/250 metros y a aspectos como la temperatura del agua.

En el caso de filtros estampados en chapa de acero, denominados tipo veneciana o Nold, la restricción de su aplicación en áreas del acuífero Guaraní, proviene del hecho de que el mismo no presenta uniformidad de abertura a lo largo de su estructura, volviéndose vulnerable y no recomendable.

5.4.10 Condiciones especiales de la columna de revestimiento y el pre-filtro

5.4.10.1 Instalaciones en los pozos no surgentes

La instalación de la columna de tubos lisos y filtros deberá ser precedida de un re-acondicionamiento del fluido de perforación, a fin de garantizar sus propiedades reológicas. El objetivo es reducir al máximo la viscosidad del fluido de perforación antes del inicio de la instalación de la columna de revestimiento (meta de 40 segundos) y de tal manera que al termino del proceso se alcance rápidamente la viscosidad de 35 segundos en el embudo Marsh, mejorando las condiciones de instalación del prefiltro.

5.4.10.2 Instalaciones en los pozos surgentes

La instalación de columna de tubos lisos y filtros deberá ser precedida de un ajuste de la densidad del fluido de perforación, a fin de asegurar que durante la instalación de la columna el pozo no entre en surgencia, lo que podría acarrear la pérdida de materiales y del propio pozo. Este

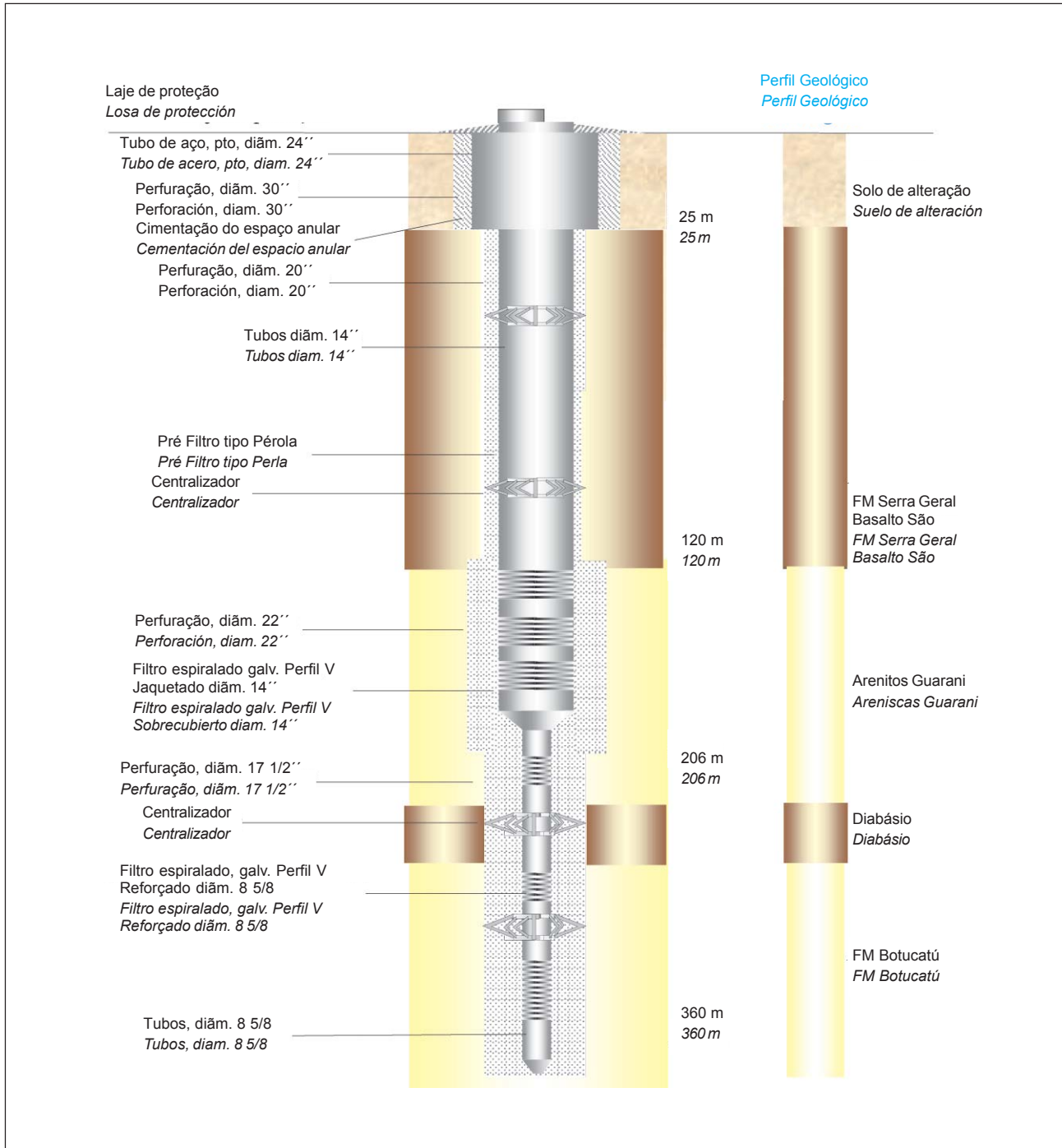



Figura 17.-
Projeto Tipo Guarani – mostrando relação de diâmetros de perfuração e coluna de revestimentos e também filtros espiralados. Coluna dotada de centralizadores.

Figura 17.-
Proyecto Tipo Guaraní – indicación de relación de diámetros de perforación y columna de revestimiento y también filtros espiralados. Columna dotada de centralizadores.

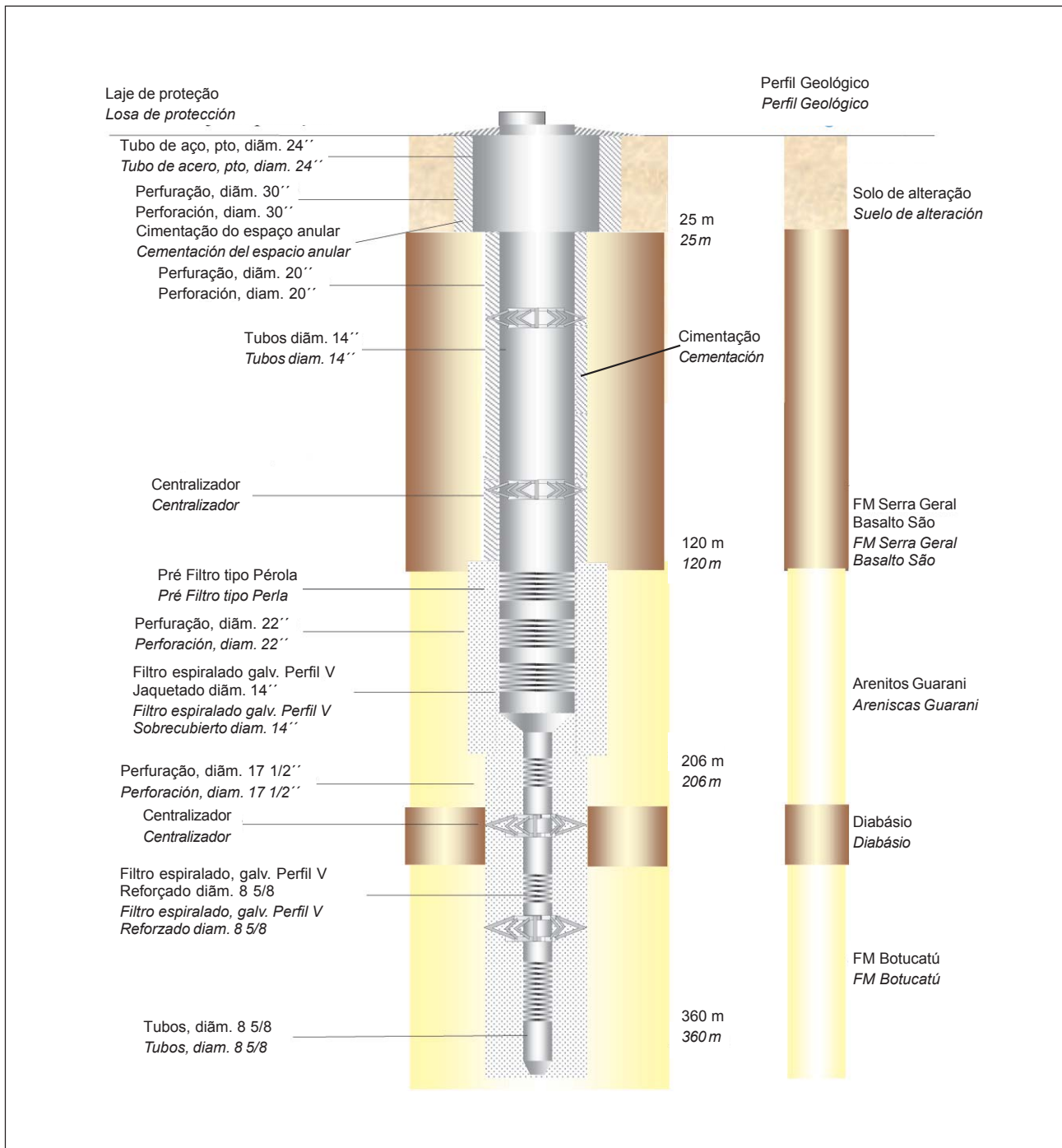



Figura 18.-
Projeto Tipo Guarani – mostrando relação de diâmetros de perfuração e coluna de revestimentos e também filtros espiralados. Coluna dotada de centralizadores com aislação do basalto.

Figura 18.-
Proyecto Tipo Guaraní – indicación de relación de diámetros de perforación y columna de revestimiento y también filtros espiralados. Columna dotada de centralizadores con aislamiento de basalto.

continuamente, de preferência com o apoio de um técnico em fluído de perfuração (químico de lama).

5.4.10.3 Injeção de pré filtro

A injeção de pré filtro em zona não surgente, deve ser precedida de recondicionamento do fluido de perfuração e redução da viscosidade do fluido para cerca de 35 segundos no funil Marsh.

Em poços jorrantes o peso do fluido deverá ser mantido igual ao da fase da instalação da coluna de revestimento.

A injeção de pré-filtro deve ter uma programação a fim de possibilitar uma taxa de injeção constante, para preencher o espaço anelar de forma contínua entre as paredes da perfuração e a coluna de revestimento.

5.4.10.4 Contra-fluxo

A fim de injetar o pré-filtro por este método deve-se descer a coluna de hastes até cerca de 5 m acima do fundo do revestimento. No topo do revestimento, o espaço anelar entre a haste e o tubo é fechado com chapa de aço revestida na área de contato com borracha ou similar a fim de forçar o fluxo de retorno através das aberturas dos filtros e do espaço anelar.

Entre o tubo de boca e o tubo de revestimento instala-se no mínimo 12 m de tubo de 2" de diâmetro, conectado em sua parte superior com um funil ou um dispositivo qualquer para receber o pré-filtro e aduzi-lo ao poço.Neste sistema é inserido uma mangueira com água corrente para auxiliar a descida do pré-filtro.

Após o recondicionamento e redução de viscosidade, passa-se a injetar fluido por circulação direta através das hastes com vazão adequada para não provocar retorno do pré-filtro. Usualmente lança-se de 60 a 90 litros/minuto de fluído com pré-filtro através do funil.

O volume injetado deve ser sempre calculado e comparado com o projetado. Quando se preencher o último filtro haverá perda de circulação do fluido, indicando que se deve paralisar o bombeamento e completando restante por gravidade.

Quando o revestimento é descido com rosca à esquerda, o processo é semelhante. Neste caso quando se chega próximo ao volume teórico paralisa-se o processo por cerca de 2 a 3 horas. Se não preencheu o filtro índice, lança-se volume de pré-filtro correspondente entre o filtro índice e a

control es hecho continuamente, preferentemente realizarlo con el apoyo de un técnico en fluidos de perforación (química de lodo).

5.4.10.3 Inyección del pre-filtro

La inyección del prefiltro en zona no surgente debe ser precedida del reacondicionamiento del fluido de perforación, con reducción de la viscosidad del fluido a alrededor de 35 segundos en el embudo Marsh.

En pozos surgentes la densidad del fluido deberá ser mantenido igual al de la fase de instalación de la columna de revestimiento.

La inyección del prefiltro deberá tener una programación a fin de posibilitar una tasa de inyección constante, de manera de rellenar el espacio anular de forma continua entre las paredes de la perforación y la columna de revestimiento.

5.4.10.4 Contra-flujo

A fin de inyectar el pre-filtro, por este método se debe descender la columna de barras hasta alrededor de 5 metros por encima del fondo del revestimiento. En la parte superior del revestimiento, el espacio anular entre la barra y el tubo es cerrado con chapa de acero, revestida en el área de contacto con goma o similar a fin de forzar el flujo de retorno a través de las aberturas de los filtros y del espacio anular.

Entre el tubo de boca y el tubo de revestimiento se instala como mínimo 12 metros de tubo de 2" de diámetro, conectado en su parte superior con un cono o un dispositivo cualquiera para recibir el pre-filtro y dirigirlo al pozo. En éste sistema es insertada una manguera con agua corriente para auxiliar el descenso del pre-filtro.

Luego del reacondicionamiento y reducción de la viscosidad, se pasa a inyectar fluido por circulación directa a través de las barras con caudal adecuado para no provocar retorno del pre-filtro. Usualmente se lanza de 60 a 90 litros por minuto de fluido con pre-filtro a través del cono.

El volumen inyectado debe ser siempre calculado y comparado con el proyectado. Cuando se llena el último filtro habrá pérdida de circulación de fluido, indicando que se debe paralizar el bombeo y completar el resto por gravedad.

Cuando el revestimiento es descendido con rosca izquierda, el proceso es semejante. En éste caso cuando se llega próximo al volumen teórico se paraliza el proceso alrededor de 2 a 3 horas. Sino se llenó el filtro índice, se lanza el

rosca esquerda. Repete-se a operação até preencher o filtro índice. Após o preenchimento saca-se o pino da rosca a esquerda.

5.4.10.5 Injeção com circulação reversa com poço aberto

O esquema de montagem é o mesmo do anterior. Neste o pré-filtro é misturado com água e sua instalação através do espaço anular entre a perfuração e o revestimento, (com ou sem apoio de tubos auxiliares) se dá de forma continua. Pode-se incluir hipoclorito de sódio na mistura. Na medida em que o pré-filtro e água vão ocupando o espaço anular, o fluído de perfuração é deslocado para cima, por dentro do revestimento. O volume de injeção é de 60 a 90 litros/minuto.

Quando o último filtro ou filtro índice coberto pelo pré-filtro, a circulação é paralisada.

Este processo tem a grande vantagem de permitir que o poço esteja praticamente limpo ao término da operação de injeção do pré-filtro.

Uma variável deste método, quando se faz necessário a injeção do pré-filtro com um fluído viscoso ou mais pesado, pode ser executado com o emprego de uma bomba centrífuga diretamente aplicada as hastes de perfuração e que melhora assim o fluxo e retorno do fluído para fora do poço.

5.4.10.6 Injeção com circulação reversa com poço fechado

A instalação no poço é semelhante aos processos anteriores, porem com o anular entre o tubo de boca (tubo de revestimento superficial ou de proteção sanitária) e a coluna de revestimento do poço fechado, onde é instalado dispositivo de conexão com mangueira de injeção de fluido.

Este conjunto de equipamentos (tanque, registros, bomba centrífuga, dosadora dotada de pás helicoidais) permitirá a injeção do pré-filtro de maneira controlada (em termos de volume e velocidade de injeção). Na base do sistema, é instalado uma mangueira que estará acoplada a sucção de uma bomba centrífuga (ou de pistão). Um manômetro instalado na saída da bomba permitirá aferir o aumento de pressão na medida em que as secções filtrantes venham a ser envolvidas pelo pré-filtro. Quando preenchido o espaço anular entre o poço e a última secção, o manômetro indicará aumento expressivo da pressão e com isto a indicação de que a parte mais importante estará concluída.

volumen de pre-filtro correspondiente entre el filtro índice y la rosca izquierda. Se repite la operación hasta llenar el filtro índice. Luego de la instalación se saca el pino de rosca a la izquierda

5.4.10.5 Inyección con circulación inversa con pozo abierto

El esquema de montaje es el mismo del anterior. En éste caso el pre-filtro es mezclado con agua, y su instalación a través del espacio anular entre la perforación y el revestimiento, (con o sin apoyo de tubos auxiliares) se realiza de forma continua. Puede incluir hipoclorito de sodio en la mezcla. En la medida en que el pre-filtro y el agua van ocupando el espacio anular, el fluido de perforación es trasladado hacia la superficie, por dentro del revestimiento. El volumen de inyección es de 60 a 90 litros/minuto.

Cuando el último filtro o filtro índice es cubierto por el pre-filtro, la circulación es paralizada.

Este proceso tiene la gran ventaja de permitir que el pozo esté prácticamente limpio al término de la inyección del pre-filtro.

Una variable de éste método, cuando se hace necesario la inyección de pre-filtro con un fluido viscoso muy pesado, puede ser ejecutado con el empleo de una bomba centrífuga directamente aplicada a las barras de perforación, lo que mejora el flujo y retorno de fluido hacia fuera del pozo.

5.4.10.6 Inyección con circulación inversa con pozo cerrado

La instalación en el pozo es semejante a los procesos anteriores, pero con el anular entre el tubo de boca (tubo de revestimiento superficial o de protección sanitaria) y la columna de revestimiento del pozo cerrado, donde es instalado un dispositivo de conexión con manguera de inyección de fluido.

Este conjunto de equipamientos (depósitos, registros, bomba centrífuga, dosificadora con palas helicoidales) permitirá la inyección del prefiltro de manera controlada (en términos de volumen y velocidad de inyección). En la base del sistema, es instalada una manguera que estará acoplada a la succión de una bomba centrífuga (o de pistón). Un manómetro instalado en la salida de la bomba permitirá inferir el aumento de presión en la medida en que las secciones filtrantes vayan a ser envueltas por el pre-filtro. Cuando se rellene el espacio anular entre el pozo y la última sección, el manómetro indicará aumento significativo de presión y con esto la indicación de que la parte más importante esta concluida.

5.4.11. Cimentação

A cimentação normal de um revestimento está enquadrada como «cimentação primária» e consiste no deslocamento da pasta de cimento pura (cimento e água) através do revestimento e colocação dessa pasta no espaço anular entre a perfuração e o revestimento.

Para cimentação de revestimento de superfície, denominado tubo de boca ou tubo de proteção sanitária, pode-se utilizar na massa uma mistura que inclua areia fina, prescindindo-se neste caso do uso de bombas.

Ao se efetuar cimentações em profundidade, deve-se avaliar a necessidade ou não do uso de sapatas de cimentação e também do emprego de bombas adequadas para o processo de injeção do cimento, já que o mesmo deverá ser bombeado a uma velocidade que permita o seu deslocamento antes de entrar em pega.

5.4.11.1 Limpeza de reboco

Antes da operação de cimentação propriamente dita é de boa prática o bombeio de água a fim de se efetuar a lavagem e remoção do reboco.

5.4.11.2 Deslocamento

O deslocamento da pasta até o ponto desejado deverá ser feito com a utilização de uma bomba de lama, podendo ser injetado através da coluna de revestimento ou da própria coluna de hastes de perfuração. Em situações de maior profundidade e que os controles demandam uma maior precisão, recomenda-se a utilização de uma sapata de cimentação, onde a coluna de hastes estará apoiada. Esta sapata funciona como uma válvula de retenção, evitando o retorno do cimento para áreas onde não se deseja a sua presença (evitar o retorno para dentro da coluna de revestimento, atingindo zona de filtros etc.).

5.4.11.3 Deslocamento em coluna segmentada

Quando o revestimento for segmentado ou se identifica a presença de agentes agressivos que possibilitarão um processo intensivo de corrosão do revestimento, o espaço anular entre a perfuração e o revestimento, deverá ser totalmente cimentado. Para tanto se faz necessário efetuar a cimentação por estágios, denominados colares de estágio.
As operações embora no mesmo poço, são feitas separadamente. O primeiro estágio que corresponde a parte inferior é conduzido primeiro, enquanto o da zona superior é feito posteriormente.

5.4.11 Cementación

La cementación normal de un revestimiento está encuadrada como «cementación primaria» y consiste en el traslado de pasta de cemento pura (cemento y agua) a través del revestimiento, y colocación de esa pasta en el espacio anular entre la perforación y el revestimiento.

Para cementación del revestimiento de superficie, denominado tubo de boca o tubo de protección sanitaria, se puede utilizar en la masa una mezcla que incluya arena fina, prescindiendo en éste caso del uso de bombas.

Al efectuar cementaciones en profundidad, se debe evaluar la necesidad o no del uso de zapatas de cementación, y también del empleo de bombas adecuadas para el proceso de inyección de cemento, ya que el mismo deberá ser bombeado a una velocidad que permita su traslado antes de comenzar a fraguar.

5.4.11.1 Limpieza del revoque

Antes de la operación de cementación propiamente dicha, es de buena práctica el bombeo de agua con el fin de lavar y remover el revoque.

5.4.11.2 Transporte-bombeo

El transporte de la pasta hasta el punto deseado deberá ser hecho con la utilización de una bomba de lodo, pudiendo ser inyectado a través de la columna de revestimiento o de la propia columna de barras de perforación. En situaciones de mayor profundidad, donde los controles demandan una mayor precisión, se recomienda la utilización de una zapata de cementación, donde la columna de barras estará apoyada. Esta zapata funciona como una válvula de retención, evitando el retorno del cemento para áreas donde no se desea su presencia (evitar el retorno hacia dentro de la columna de revestimiento, hasta la zona de filtros, etc.).

5.4.11.3 Transporte en columna segmentada

Cuando el revestimiento fuera segmentado, o se identifica la presencia de agentes agresivos que posibilitan un proceso intensivo de corrosión del revestimiento, el espacio anular entre la perforación y el revestimiento, deberá ser totalmente cementado. Para lo cual se hace necesario realizar la cementación por etapas, denominadas coladas de cemento. Las operaciones sin embargo en el mismo pozo son realizadas separadamente. La primera colada, que corresponde a la parte inferior es realizada primero, en tanto que la zona superior es realizada posteriormente.

5.4.11.4 Pasta de cimento

A Pasta de cimento utilizada nas cimentações dos poços nada mais é do que a resultante da mistura de cimento à água, em determinadas proporções. Recomenda-se a utilização de uma pasta com peso da ordem de 1,74 kg/l (14,5 libras/galão). Entretanto, principalmente quando o volume a ser injetado é grande e supera 400 sacos de cimento (sacos – unidade de 50 kg de cimento) pode ser necessário a adição de produtos químicos como retardador de pega, dando tempo para que a operação seja concluída. Um retardador de pega poderá ser a bentonita e/ou cloreto de cálcio.

5.4.12. Isolação de Aqüifero/s - Teste de Estanqueidade

O contratista procederá à isolação rigorosa do ou dos aqüiferos que não e desejado explorar, aos efeitos de evitar toda contaminação e misturas, com o aquifero a captar.

A isolação entre aqüiferos, poderá fazer-se pelo elevamientos forçado das tubulações, por cementação, ou por outros métodos, que podam garantir a manobra, sendo o método a usar-se na opinião exclusiva do contratista. O espaço anular, entre a tubulação de isolação e a parede da perfuração, nao terá que ser inferior a cinco (5) centimetros.

Produzidas as manobras para a isolação (que deixa este na opinião do contratista), e ultrapassado o tempo de fraguado ou endurecimento da pasta do cimento, 24 horas como o mínimo, o contratista demonstrará sua eficiencia através de um teste do estanqueidade, para o cual perfurará como mínimo 0.20 a 0.50 m abaixo da «sapata», logo ele fará descer o nível da água dentro da tubulação, à profundidade que indica a inspeção: se após 10 ou 12 horas, ao critério da inspeção não houver nenhuma variação de nível, a manobra estará considerada satisfatória. No caso oposto, o contratista virá executar os trabalhos que considere necessário para obter as expectativas de isolação, tendo que demonstrar antes na forma indicada, a eficiência da isolação, prévio a continuar com os trabalhos.

Recomendação importante: utilizar cimento puzolanico de acordo com as Normas Técnicas de cada país, em conseqüencia de possuir as seguintes vantagens: Resistência máxima ao ataque químico, contração menor à secagem e impermeabilização mais grande da pasta do cimento. Recomenda-se seu uso na presença de águas agressivas, de águas duras, e de águas com índice elevado de sulfatos.

5.4.11.4 Pasta de cemento

La pasta de cemento utilizada en las cementaciones de los pozos, resulta nada más que de la mezcla de cemento y agua, en determinadas proporciones. Se recomienda la utilización de una pasta con peso del orden de 1,74 kg/l (14,5 libras/galón). Entre tanto, principalmente cuando el volumen a ser inyectado es grande y supera 400 sacos de cemento (sacos – unidades de 50 Kg de cemento) puede ser necesario agregar productos químicos como retardador del fraguado, dando tiempo para que la operación sea concluida. Un retardador del fraguado podrá ser la bentonita y/o el cloruro de calcio.

5.4.12. Aislación de Acuífero/s - Prueba de Estanqueidad

El contratista procederá al aislamiento riguroso del o los acuíferos que no son deseados explotar, a los efectos de evitar toda contaminación y mezcla, con el acuífero a captar.

La aislamiento entre acuíferos, podrá hacerse por el elevamiento forzado de cañerías, por cementación, o por otros métodos, que garantice la maniobra, quedando el método a emplear a exclusivo juicio del contratista. El espacio anular, entre la cañería de aislación y la pared de la perforación, no deberá ser inferior a cinco (5) centímetros.

Producidas las maniobras para la aislación (quedando ésta a juicio del contratista), y pasado el tiempo de fragüe o endurecimiento de la pasta de cemento, 24 horas como mínimo, el contratista demostrarásu eficiencia a través de una prueba de estanqueidad, para lo que perforará como mínimo 0,20 a 0,50 m por debajo del "zapato", luego hará descender el nivel del agua dentro del caño, a la profundidad que indique la Inspección: si después de 10 a 12 horas, a criterio de la Inspección no hay variación de nivel, la maniobra se considerará satisfactoria. En caso contrario, el contratista procederá a ejecutar los trabajos que considere necesario para lograr las expectativas de aislación, debiendo demostrar en la forma indicada, la eficiencia del aislamiento, antes de proseguir con los trabajos.

Recomendación importante: utilizar cemento puzolánico según Normas Técnicas de cada país, en consecuencia de que posee las siguientes ventajas: máxima resistencia al ataque químico, menor contracción al secado y mayor impermeabilización de la pasta de cemento. Se recomienda su uso en presencia de aguas agresivas, aguas duras, y aguas con elevado contenido de sulfatos.

5.4.13. Limpeza e desenvolvimento

5.4.13.1 Introdução

A etapa de desenvolvimento de um poço tubular deve ter, a exemplo das demais etapas da perfuração, um planejamento adequado e criterioso, bem como toda uma seqüência operacional que venha a permitir uma exploração econômica e racional do aqüífero.

O planejamento das ações de desenvolvimento, já discutido na fase do projeto, consolida-se de forma geral com os serviços de completação do poço, no momento em que se define a coluna de revestimento, da posição e tipo de filtros a serem utilizados, bem como das características litológicas das rochas perfuradas, e do tipo de fluído de perfuração que foi utilizado durante a perfuração do poço tubular profundo.

Em uma definição simples de DESENVOLVIMENTO DE POÇOS poderíamos dizer que se constitui no conjunto de operações que objetivam a REMOÇÃO de toda e qualquer partícula que dificulte o livre fluxo de água do aqüífero para o poço, ou deste para o aqüífero. É, em resumo, a associação de métodos e processos hidráulicos, mecânicos e químicos, que tem por finalidade a obtenção da melhor eficiência hidráulica possível do sistema de captação da água subterrâneas, tendo em vista que qualquer tipo ou método de perfuração utilizado, sempre é uma intervenção no meio físico sobre as formações aqüíferas, imputando perdas de cargas construtivas ao sistema.

5.4.13.2 Procedimentos básicos

Para se fazer um planejamento adequado das operações visando conseguir os melhores resultados possíveis deve ser considerado:

- Tipos de aqüíferos a serem explorados
- Método de Perfuração utilizado
- Fluído de Perfuração
- Característica dos filtros utilizados
- Característica do pré-filtro.

Em conseqüência da análise de todas estas variáveis é que devemos definir os equipamentos e o tipo de recursos que deverão ser utilizados nos trabalhos de desenvolvimento, ou seja, a necessidade da aplicação de produtos químicos, da utilização de métodos mecânicos ou hidráulicos, ou da combinação de vários processos, que poderão apresentar resultados práticos.

Destacamos ainda o fato de que em qualquer circunstância devemos intervir com rapidez na fase de completação do

5.4.13 Limpieza y desarrollo

5.4.13.1 Introducción

La etapa de desarrollo de un pozo tubular debe tener, según ejemplo de las demás etapas de perforación, una planificación adecuada y criteriosa, como toda la secuencia operacional que permitirá una explotación económica y racional del acuífero.

La planificación de las acciones de desarrollo, ya discutido en la fase de proyecto, se consolidan de forma general como los servicios de terminación del pozo, en el momento en que se define la columna de revestimiento, la posición y tipos de filtros a ser utilizados, las características litológicas de las rocas perforadas y el tipo de fluido de perforación que fue utilizado durante la perforación del pozo tubular profundo.

En una definición simple de DESARROLLO DE POZOS, podemos decir que el mismo constituye el conjunto de operaciones que tienen por objetivo la REMOCIÓN de toda y cualquier partícula que dificulte el libre flujo de agua del acuífero hacia el pozo, o desde éste hacia el acuífero. Es, en resumen, la asociación de métodos y procesos hidráulicos, mecánicos y químicos, que tienen por finalidad la obtención de la mejor eficiencia hidráulica posible del sistema de captación de agua subterránea, teniendo presente que cualquier tipo o método de perforación utilizado, siempre es una intervención en el medio físico sobre las formaciones acuíferas, agregando pérdidas de carga constructivas al sistema.

5.4.13.2 Procedimientos básicos

Para realizar una planificación adecuada de las operaciones, con el objetivo de conseguir los mejores resultados posibles, debe ser considerado:

- *Tipos de acuíferos que serán explotados*
- *Método de perforación utilizado*
- *Fluido de perforación*
- *Características de los filtros utilizados*
- *Características del pre-filtro*

En consecuencia del análisis de todas éstas variables, es que se deben definir los equipamientos y el tipo de recursos que deberán ser utilizados en los trabajos de desarrollo, o sea, la necesidad de aplicación de productos químicos, de utilización de métodos mecánicos o hidráulicos, o de combinación de varios procesos, que podrán presentar resultados prácticos.

Destacamos el hecho de que en cualquier circunstancia debemos intervenir con rapidez en la fase de terminación

poço,e a conclusão que decorre dessa observação é que para se dar início aos processos de completação de um poço tubular profundo é imprescindível se contar com todos os recursos materiais e técnicos ao lado da obra para sua realização de forma imediata.

O processo de limpeza e desenvolvimento se inicia durante a perfuração com controle do fluido de perfuração, minimizando o tempo de perfuração no aqüífero e, sobretudo durante a injeção de pré-filtro, pois à medida que o processo se realiza vai se adicionando água limpa. Adiciona-se também produtos químicos como cloro para quebrar a cadeia dos polímeros e produtos para remoção de colóides a base de fosfatos. Os trabalhos devem ser seqüenciais de acordo com os métodos a seguir.

5.4.13.3 <u>Bombeamento com ar comprimido</u>

A utilização do ar comprimido em volume e pressão adequados permite uma serie de operações no poço. É um método relativamente eficiente que exige um bom conhecimento por parte do operador, mas principalmente por parte de quem define as operações a serem realizadas. O método permite ainda a operação com outros métodos de desenvolvimentos associados e com a utilização de produtos químicos independentemente da sua natureza, quer substâncias ácidas ou alcalinas. As principais operações com o desenvolvimento com ar comprimido são:

- Bombeamento propriamente dito;
- Surgimento, agitação do poço ou «fervura do poço»

A utilização deste método implica em contarmos com recursos materiais significativos tais como:

Compressores com capacidade adequada à operação, tanto em volume de ar e de pressão disponível.

O dimensionamento de um compressor requer conhecimento específico, porém de maneira simples poderíamos restringir em dois grandes grupos:

- Compressores de baixa pressão entre 120 a 150 PSI (lbs/pol²)
- Compressores de alta pressão entre 200 a 350 PSI (lbs/pol²)

Na avaliação do equipamento requerido - se de baixa ou alta pressão, os seguintes fatores deverão ser considerados:

- Profundidade do nível estático
- Profundidade de instalação do injetor (câmara de mistura de ar e água)

del pozo, y la conclusión que proviene de ésta observación es que para dar inicio a los procesos de terminación de un pozo tubular profundo es imprescindible contar con todos los recursos materiales y técnicos al lado de la obra para su realización de forma inmediata.

Los procesos de limpieza y desarrollo se inician durante la perforación con el control del fluido de perforación, minimizando el tiempo de perforación en el acuífero, y sobre todo durante la inyección de pre-filtro, pues a medida que el proceso se realiza se va adicionando agua limpia. Se adicionan también productos químicos como cloro para romper la cadena de los polímeros, y productos de remoción de coloides a base de fosfatos. Los trabajos deben ser secuenciales de acuerdo con los métodos a seguir.

<u>5.4.13.3</u> <u>Bombeo con aire comprimido</u>

La utilización de aire comprimido en volumen y presión adecuados, permite una serie de operaciones en el pozo. Es un método relativamente eficiente, que exige un buen conocimiento por parte del operador, más aún principalmente por quién define las operaciones a ser realizadas. El método permite también la operación con otros métodos de desarrollo asociados con la utilización de productos químicos, independientemente de su naturaleza, cualquier sustancia ácida o alcalina. Las principales operaciones con desarrollo con aire comprimido son:

- *Bombeo propiamente dicho*
- *Hacer surgente el pozo, agitación del pozo o «hacerlo hervir»*

La utilización de éste método implica la utilización de recursos materiales significativos tales como:

Compresores con capacidad adecuada para la operación, tanto en volumen de aire y en presión disponible.

El dimensionado de un compresor requiere conocimiento específico, sin embargo de manera simple los podríamos restringir a dos grandes grupos:

- *Compresores de baja presión entre 120 a 150 PSI. (lbs/in²)*
- *Compresores de alta presión entre 200 a 350 PSI.(lbs/in²)*

En la evaluación del equipamiento requerido – si es de baja o alta presión, los siguientes factores deberán ser considerados:

- *Profundidad del nivel estático*
- *Profundidad de instalación del inyector (cámara de mezcla de aire y agua)*

- Submergência requerida (caracteriza a porcentagem de coluna de água acima do injetor).
- Características hidrodinâmicas regionais que possibilitam avaliar o rebaixamento específico provável e em conseqüência níveis de bombeamento para uma determinada vazão.

Em qualquer caso, quer seja com a utilização de compressores de baixa ou alta pressão, recomenda-se que a capacidade mínima de produção de ar seja de 150 cfm (pés cúbicos por minuto equivalente a – 28,31 x 150 litros por minuto), podendo ainda atingir volume de até 900 cfm.. O dimensionamento adequado do sistema possibilitará uma maior eficiência da operação.

Para a utilização do método de desenvolvimento com ar comprimido, faz-se necessário dispor no canteiro os seguintes materiais e dispositivos como segue:

- Quantidade de tubos para utilização como injetor de ar e tubos edutores em diversos diâmetros
- Comandos especiais, canhão de emulsificação, injetores, registros de alta e baixa pressão, mangueiras, braçadeiras, engates rápidos em quantidades e características adequadas ao serviço a ser realizado.

A estrutura montada no canteiro de obras a fim de permitir as operações de bombeamento e desenvolvimento simples ou combinados, e em qualquer caso, deve observar os seguintes princípios básicos para operação adequada e eficaz:

Razão de Submergência

É a relação entre a altura da coluna de água dentro do poço, acima da extremidade inferior da posição do injetor, onde ocorre a mistura ar/água, e o comprimento total deste multiplicando por 100.

$$S(\%) = \frac{profundidade\ injetor - ND}{profundidade\ injector} * 100$$

Assim num poço que tem um nível dinâmico de 40 metros e a profundidade do injetor é de 130 metros (independente do fato de que o ponto de sucção poderá estar em profundidade superior a do injetor), teremos uma razão de Submergência definida por:

$$S(\%) = \frac{130 - 40}{130} * 100 = 69.23\%$$

- *Sumergibilidad requerida (caracteriza el porcentaje de columna de agua por encima del inyector)*
- *Características hidrodinámicas regionales que posibilitan evaluar el descenso específico probable y en consecuencia niveles de bombeo para un determinado caudal*

En cualquier caso, que se utilicen compresores de baja o alta presión, se recomienda que la capacidad mínima de producción de aire sea de 150 cfm (pies cúbicos por minuto equivalente a – 28,31 x 150 litros por minuto), pudiendo llegar al volumen de 900 cfm. El dimensionado adecuado del sistema posibilitará una mayor eficiencia de operación.

Para la utilización del método de desarrollo con aire comprimido, se hace necesario disponer en la obra de los siguientes materiales y dispositivos siguientes:

- *Cantidad de tubos para utilización como inyector de aire y tubos aductores en diversos diámetros.*
- *Comandos especiales, cañón de emulsificación, inyectores, registros de alta y baja presión, mangueras, abrazaderas, uniones rápidas en cantidades y características adecuadas al servicio a ser realizado.*

La estructura montada en obra a fin de permitir las operaciones de bombeo y desarrollo simple o combinado, y en cualquier caso, deben observar los siguientes principios básicos para una operación adecuada y eficaz:

Razón de Sumergencia

Es la relación entre la altura de columna de agua dentro del pozo por encima de la extremidad inferior del inyector, donde ocurre la mezcla aire – agua, y el largo total de éste multiplicando por 100.

$$S(\%) = \frac{profundidade\ injetor - ND}{profundidade\ injector} * 100$$

Por ejemplo en un pozo que tiene un nivel dinámico de 40 metros y la profundidad del inyector es de 130 metros (independientemente del hecho de que el punto de succión puede estar en una profundidad superior a la del inyector), se tiene una relación de sumergencia definida por:

$$S(\%) = \frac{130 - 40}{130} * 100 = 69.23\%$$

Esta razão de submergência é que vai estabelecer qual o tipo de compressor que deverá ser alocado para efetuar o desenvolvimento. Uma relação de submergência adequada deve ser superior a 60%, possibilitando um bombeamento contínuo. Se a submergência for inferior a 35%, independentemente do volume de ar do compressor, a eficiência do sistema e do método estará comprometida.

O desenvolvimento através de bombeamento com submergência com valores acima de 75%, significa que o rebaixamento a ser produzido dentro do poço será relativamente pequeno, não ocorrendo os problemas mencionados nos métodos anteriores, no caso típico de poço completado com PVC ou em aço carbono com espessura de parede muito pequena. Com valores altos de submergência o método, não traz danos ao poço uma vez que o rebaixamento é pequeno e o mesmo não provoca grandes variações da coluna hidrostática dentro do poço e desta forma evitando o colapso, podendo ser utilizado sem problema algum, desde que os valores de submergência sejam dimensionados com tendência a eficiência máxima.

Após a injeção de pré-filtro e circulação com água, retira-se parte das hastes para deixar com comprimento adequado de acordo com a pressão do compressor. Recomenda-se mos poços com profundidade superior a 300 metros, e para maior eficácia a utilização de compressor com volume de ar 900 cfm e 350 lb/pol^2 de pressão.

Passa-se a bombear utilizando-se o próprio revestimento do poço como adutor de água, durante meia hora intercalada com 10 minutos. O tempo de bombeamento requerido para deixar em condições é de 12 a 24 hs de bombeamento.

Se o nível de água for profundo ou o diâmetro da Câmera de bombeamento for superior a 12", recomenda-se a instalação de dois (2) compressores para se obter maior vazão de água.

Quando á água apresentar tendência de ficar limpa, deve-se parar o bombeamento e lançar solução de dispersantes a base de fosfato através das hastes e em seguida, lançar pela boca do poço água em volume suficiente para deslocar a solução para o interior do aqüífero e depois de pelo menos 6 hs reiniciar o bombeamento.

A respeito da instalação, deve-se observar a possibilidade da adoção de alternativas que buscam superar dificuldades locais e de mercado que eventualmente poderão não dispor de equipamentos adequados para a realização do trabalho. Assim, é possíveis alternativas como trabalhar com dois injetores, quando então o segundo injetor estará instalado em profundidade já compatível com o rebaixamento atingido

Esta razón de sumergencia es la que va a establecer que tipo de compresor deberá ser colocado para efectuar el desarrollo. Una relación de sumergencia adecuada debe ser superior al 60 %, posibilitando un bombeo continuo. Si la sumergencia fuera inferior a 35 %, independientemente del volumen de aire del compresor, la eficiencia del sistema y del método estará comprometida.

El desarrollo a través de bombeo con sumergencia con valores por encima de 75%, significa que el descenso a ser producido dentro del pozo será relativamente pequeño, no ocurriendo los problemas mencionados en los métodos anteriores, en el caso típico de pozo revestido con PVC o en acero carbono con espesor de pared muy pequeña. Con valores altos de sumergencia el método no acarrea daños al pozo ya que el descenso es pequeño, y el mismo no provoca grandes variaciones de la columna hidrostática dentro del pozo. De ésta forma evita el colapso, pudiéndo ser utilizado sin problema alguno, siempre que los valores de sumergencia sean dimensionados con tendencia a la eficiencia máxima.

Luego de la inyección del pre-filtro y circulación con agua, se retira parte de las barras para dejar un largo adecuado a la presión del compresor. Se recomienda en los pozos con profundidad superior a los 300 metros, y para mayor eficacia en la utilización del compresor con volumen de aire 900 cfm y 350 lb/pul^2 de presión.

Se pasa a bombear utilizando el propio revestimiento del pozo como aductor de agua, durante media hora intercalada con 10 minutos. El tiempo requerido de bombeo para dejar el pozo en condiciones es de 12 a 24 horas.

Si el nivel de agua fuera profundo o el diámetro de cámara de bombeo fuera superior a 12", se recomienda la instalación de dos (2) compresores para obtener mayor caudal de agua.

Cuando el agua presenta tendencia a estar limpia, se debe parar el bombeo y verter solución a base de fosfato a través de las barras, y en seguida verter por la boca del pozo agua en volumen suficiente para trasladar la solución para el interior del acuífero, y luego de al menos 6 horas reiniciar el bombeo.

Respecto a la instalación, se debe observar la posibilidad de adopción de alternativas que buscan superar dificultades locales y de mercado, que eventualmente podrán no disponer de equipamientos adecuados para la realización del trabajo. Por lo tanto, son posibles alternativas como trabajar con dos inyectores, entonces el segundo inyector estará instalado en profundidad ya compatible con el descenso

quando da operação do primeiro injetor. Isto permite a utilização de equipamento de menor porte, conforme observado neste capítulo.

Trata-se de uma maneira simples e eficiente de desenvolvimento para poços perfurados em formações heterogêneas, que contenham argila e/ou silte e cujo princípio é de combinar operações de bombeamento com surgimento (ferver o poço).

5.4.13.4 Bombeamento

Após o desenvolvimento com compressor instalar o equipamento de bombeamento, equipado com tubos auxiliares pra medição de nível de água e medidores de vazão, bombeando com vazão máxima permissível pelo equipamento. Neste processo bombear por duas horas com meia hora de paralisação. Se a água se apresentar muito turva, lançar dispersantes químicos pela boca do poço e após água para deslocamento. Após de seis horas de paralisação, reiniciar o bombeamento intermitente. O tempo requerido para deixar a água dentro dos limites de turbidez normalmente situa entre 12 a 25 hs.

5.4.13.5 Superbombeamento

É o método mais simples de desenvolvimento, sendo aconselhável principalmente para os aqüíferos por porosidade, onde a quantidade de argila e/ou silte seja desprezível.

Por sua simplicidade, há uma tendência generalizada do seu emprego, cujos resultados nem sempre podem ser considerados como conclusivos e eficientes. A sua utilização, em condições inadequadas podem provocar danos consideráveis a estrutura física do poço, principalmente quando a coluna de revestimento utilizada é de baixa resistência a tração e pressão de colapso. Neste aspecto, conforme será exposto, recomendam-se cuidados adicionais quando se tratar de poço completado com coluna de revestimento de PVC.

O método tem como objetivo principal o bombeamento do poço a uma vazão maior do que aquela que se vai extrair, o que implica dizer que o rebaixamento que se provoca é maior do que o de trabalho quando o poço estiver em operação normal.

5.4.13.6 Jateamento

Trata-se de um método bem simples, que objetiva a introdução de água a uma velocidade controlada, diretamente sobre a superfície dos filtros. Tem como princípio o uso de

alcanzado por la operación del primer inyector. Esto permite la utilización de equipamiento de menor porte, según fue observado en éste capítulo.

Se trata de una manera simple y eficiente de desarrollo para pozos perforados en formaciones heterogéneas, que contengan arcilla y/o limo y cuyo principio es el de combinar operaciones de bombeo con surgencia (hervir el pozo).

5.4.13.4 Bombeo

Luego del desarrollo con compresor, instalar el equipo de bombeo, equipado con tubos auxiliares para medición del nivel de agua y medición del caudal, bombeando con caudal máximo permitido del equipo. En éste proceso bombear dos horas con media hora de paralización. Si el agua se presenta muy turbia, arrojar dispersantes químicos por la boca del pozo y luego agua para trasladarlo. Luego de seis horas de paralización, reiniciar el bombeo intermitente. El tiempo requerido para dejar el agua dentro de los límites de turbiedad normalmente se sitúa entre 12 a 25 horas.

5.4.13.5 Sobrebombeo

Es el método más simple de desarrollo, siendo aconsejable principalmente para los acuíferos porosos (granulares), donde la cantidad de arcilla y/o limo sea despreciable.

Por su simplicidad existe una tendencia generalizada de su empleo, cuyos resultados no siempre pueden ser considerados como concluyentes y eficientes. Su utilización en condiciones inadecuadas puede provocar daños considerables en la estructura física del pozo, principalmente cuando la columna de revestimiento es de baja resistencia a la tracción y presión de colapso. En este aspecto, conforme será expuesto, se recomiendan cuidados adicionales cuando se trata de pozo terminado con columna de revestimiento de PVC.

El método tiene como objetivo principal el bombeo del pozo, a un caudal mayor de aquel que se va a extraer, lo que implica que el descenso que se provoca sea mayor que el de trabajo cuando el pozo esté en operación normal.

5.4.13.6 Lavado a presión (por chorros)

Se trata de un método simple, que tiene por objetivo la introducción de agua a una velocidad controlada, directamente sobre la superficie de los filtros. Tiene como

ferramentas singelas e tem a vantagem de permitir a utilização de pequenas quantidades de água e de produtos químicos para tratar frontalmente a porção filtrante e/ou ainda somente áreas filtrantes que possam estar apresentando algum tipo de problema. É de fato um processo eficiente quando da recuperação de poços que apresentam problemas de incrustação e que exige a aplicação de ácidos e ou outras soluções, e/ou ainda de problemas decorrentes de um maciço filtrante que não se encontra adequado a estrutura do poço.

principio el uso de herramientas simples y tiene la ventaja de permitir la utilización de pequeñas cantidades de agua y de productos químicos para tratar frontalmente la porción filtrante, y/o aún solamente áreas filtrantes que puedan estar presentando algún tipo de problema. Es de hecho un proceso eficiente cuando se pretende la recuperación del pozo que presenta problemas de incrustación, y que exige la aplicación de ácidos y otras soluciones, y/o aún de problemas provenientes de un manto filtrante que no es adecuado a la estructura del pozo.

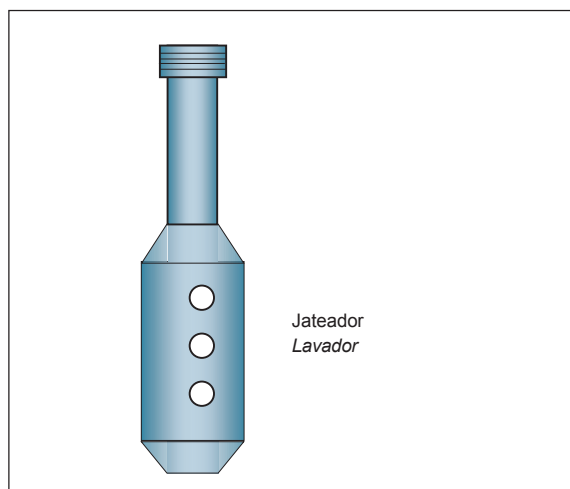



Figura 19.-
Jateador - Ferramenta que pode ser utilizada para se efetuar esta operação

Figura 19.-
Lavador - Herramienta que puede ser utilizada para efectuar ésta operación

No método de desenvolvimento por jateamento apesar de ser de alta eficiência, podemos caracterizar algumas condições de pré-estabelecimento para o seu uso:

A sua utilização está sempre associada ao equipamento que existe para efetuar o jateamento e vencer as perdas de carga junto ao bico de injeção e as condições favoráveis dos poços, tais como diâmetro, nível estático, tipo de material de completação e tipo de filtro utilizado.

Não se recomenda sua utilização em poços completados em PVC. A sua utilização nesse tipo de material requer pessoal altamente capacitado, orifícios de maiores diâmetros junto aos bicos de injeção para evitar a abrasão do jato d'água junto as ranhuras, e desta forma a redução da pressão de jateamento que por sua vez torna o método menos eficiente, em função da taxa de penetração do jato.

Em poços completados com filtros do tipo NOLD, também não demonstra resultados satisfatórios, uma vez que o fluxo junto ao bico de injeção é tangencial, fato este que diminui significantemente a eficiência do método. O desenvolvimento

En el método de desarrollo por lavado a chorros a pesar de ser de alta eficiencia, podemos caracterizar algunas condiciones de pre-establecimiento para su uso:

Su utilización está siempre asociada al equipo que existe para efectuar el lavado y vencer las pérdidas de carga junto al pico de inyección y a las condiciones favorables de los pozos, tales como diámetro, nivel estático, tipo de material de relleno y tipo de filtro utilizado.

No se recomienda su utilización en pozos terminados en PVC, y su utilización en éste tipo de material requiere de personal altamente capacitado, orificios de mayores diámetros junto a los picos de inyección para evitar la abrasión del chorro de agua sobre las ranuras, y de ésta forma la reducción de presión de lavado, lo que torna al método menos eficiente, en función de la tasa de penetración del chorro.

En pozos terminados con filtros de tipo NOLD, no muestran resultados satisfactorios, una vez que el flujo junto al pico de inyección es tangencial, hecho éste que reduce significativamente la eficiencia del método. El desarrollo

fica limitado às cercanias do poço não conseguindo chegar até a formação aqüífera.

A maior vantagem de forma geral do método é que o mesmo não requer grandes volumes de água e de produtos químicos, necessitando de pequenas bombas para se atingir até mesmo grandes profundidades. As bombas centrífugas ou de pistão, são dimensionadas em função da profundidade a ser executado o jateamento e também do nível estático do poço.

Diâmetro do bico Polegadas	Pressão 100 lbs/pol²		Pressão 150 lbs/pol²		Pressão 200 lbs/pol²	
	veloc.saída m/seg.	vazão m³/h	veloc.saída m/seg.	vazão m³/h	veloc.saída m/seg.	vazão m³/h
3/16	36.6	2.04	45.7	2.72	52.4	2.95
¼	36.6	4.08	45.7	4.77	52.4	5.22
3/8	36.6	8.17	45.7	10.45	52.4	12.03
½	36.6	15.00	45.7	18.62	52.4	21.12

Tabela 6.-
Diâmetro do Bico x Vazão e Velocidade

Procedimentos básicos para o uso

- Utiliza-se de ferramenta básica acoplada a uma tubulação com 1 ½" ou de maior diâmetro.
- Acopla-se na saída uma bomba que permita obter velocidades superiores a 36 m/seg. nos bicos.
- A ferramenta é instalada na porção mais alta de cada seção filtrante e nesta posição com a bomba em funcionamento recomenda-se a calibração inicial mantendo um registro da linha ligeiramente aberto, para evitar sub-pressão.
- A rotação do ferramental deverá ser efetuada a baixa rotação, com duração nunca inferior a dois minutos em função da geratriz para garantir que toda a área seja devidamente jateada.
- O avanço do desenvolvimento se dá em pequenos deslocamentos, da ordem de 50% do diâmetro da seção trabalhada.
- Para garantir o alinhamento do ferramental, recomenda-se a utilização de estabilizadores acoplado a coluna. Desta forma, a operação em baixa rotação, reduz a possibilidade de flambagem e garante um bom alinhamento da ferramenta.
- Mensurar e controlar a evolução da quantidade de partículas.

está limitado en las cercanías del pozo, no consiguiendo llegar hasta la formación acuífera.

La mayor ventaja de manera general del método, es que el mismo no requiere de grandes volúmenes de agua y de productos químicos, necesitando de pequeñas bombas para alcanzar grandes profundidades. Las bombas centrífugas o de pistón, son dimensionadas en función de la profundidad a ser ejecutado el lavado y también del nivel estático del pozo.

Diámetro de pico Pulgadas	Presión 100 lbs/pul²		Presión 150 lbs/pul²		Presión 200 lbs/pul²	
	veloc. Salida m/seg.	Caudal m³/h	veloc. Salida m/seg.	Caudal m³/h	veloc. Salida m/seg.	Caudal m³/h
3/16	36.6	2.04	45.7	2.72	52.4	2.95
¼	36.6	4.08	45.7	4.77	52.4	5.22
3/8	36.6	8.17	45.7	10.45	52.4	12.03
½	36.6	15.00	45.7	18.62	52.4	21.12

Tabla 6.-
Diámetro del pico x Caudal y Velocidad

Procedimientos básicos para el uso

- *Se utiliza herramienta básica acoplada a una tubería con 1 ½" o de mayor diámetro*
- *Se acopla en la salida una bomba que permita obtener velocidades superiores a los 36 m/seg. en los picos.*
- *La herramienta es instalada en la porción más alta de cada sección filtrante, y en ésta posición con la bomba en funcionamiento se recomienda la calibración inicial, manteniendo un registro de la línea ligeramente abierto, para evitar sub-presión.*
- *La rotación de las herramientas deberá ser efectuada a baja rotación, con una duración nunca inferior a dos minutos en función de generatriz, para garantizar que toda el área sea debidamente lavada.*
- *El avance del desarrollo se da en pequeños desplazamientos, del orden del 50 % del diámetro de la sección trabajada.*
- *Para garantizar el alineamiento de las herramientoas, se recomienda la utilización de estabilizadores acoplados a la columna. De ésta forma la operación en baja rotación reduce la posibilidad de flexión y garantiza un buen alineamiento de la herramienta.*
- *Medir y controlar la evolución de la cantidad de partículas*

Quando viável, pode-se também efetuar o bombeamento do poço simultaneamente ao jateamento podendo desta forma, controlar às partículas finas removidas. Usualmente o processo de bombeamento se dá com ar comprimido, observando-se neste caso os cuidados requeridos para trabalhar com mais de uma coluna dentro do poço, sendo que uma delas deverá sofrer pequenos movimentos giratórios e descendentes.

5.4.13.7 Pistoneamento

Embora estejamos apresentando o procedimento usual para pistoneamento de poços. Podemos assegurar que uma vez a perfuração transcorrendo com um controle de qualidade adequado do fluído de perfuração e os procedimentos de limpeza do poço (com lavagem e bombeamento com ar comprimido) se iniciarem imediatamente após a instalação da coluna de revestimento, provavelmente não será necessário aplicar este processo.

O pistoneamento é um dos métodos de desenvolvimento quizas mais utilizado, pois combina rapidez e eficiência com simplicidade de operação e baixo custo operacional, não exigindo equipamento sofisticado. Ao se utilizá-lo é necessário, contudo o emprego de uma sonda à percussão (ou sistema que associe a função de um balancim), para se obter o movimento de subida e descida de um pistão dentro do poço.

Provoca-se assim um fluxo e refluxo da água em direção ao aqüífero, favorecendo um arranjo adequado do envoltório em torno do filtro, melhorando sua condutividade hidráulica. São de maneira geral utilizado dois tipos de «pistão»: o sólido e o semi-sólido (válvula).

Cuando es viable, se puede también efectuar el bombeo del pozo simultáneamente al lavado, pudiendo de ésta forma retirar las partículas finas removidas. Usualmente el proceso de bombeo se da con aire comprimido, debiendo observarse en éste caso los cuidados requeridos para trabajar con más de una columna dentro del pozo, especialmente dado que una de ellas deberá sufrir pequeños movimientos giratorios y descendentes.

5.4.13.7 Pistoneo

A continuación se presentará el procedimiento usual para pistoneo de pozos. Podemos asegurar que una vez que la perforación ha transcurrido con un control de calidad adecuado del fluido de perforación y los procedimientos de limpieza de pozo (con lavado y bombeo con aire comprimido) iniciados inmediatamente después la instalación de la columna de revestimiento, probablemente no será necesario aplicar éste proceso.

El pistoneo es uno de los procedimientos de desarrollo quizás más utilizado, pues combina rapidez y eficiencia con simplicidad de operación y bajo costo operacional, no exigiendo equipamiento sofisticado. Se utiliza una sonda a percusión (sistema que asocia la función de un balancín) para obtener el movimiento de subida y de bajada de un pistón dentro del pozo.

Se provoca así un flujo y reflujo de agua en dirección al acuífero, favoreciendo un areglo adecuado del envoltorio entorno al filtro, mejorando su conductividad hidráulica. Generalmente son utilizados dos tipos de «pistón»: el sólido y el semi-sólido (válvula).

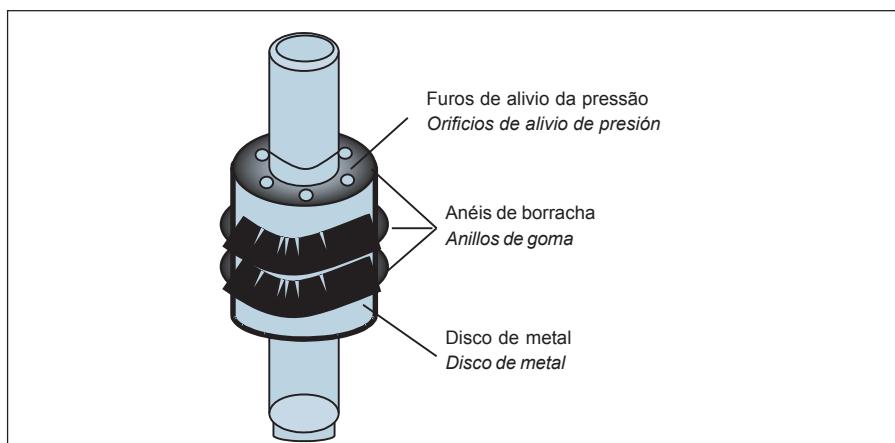



Figura 20.-
Ferramenta usada para pistoneamento, consistindo de anéis de borracha e metal.

Figura 20.-
Herramienta usada para pistoneo, constituida por anillos de goma y metal.

Em razão do pistão de válvula ser o mais utilizado, apresentamos o desenho construtivo e o princípio de funcionamento.

O pistão contém aberturas ou válvulas, que se abrem quando o pistão desce e fecha-se quando sobe dentro do poço. Sendo operado em movimentos descendentes e ascendentes dentro do poço, força a água a entrar e sair através do filtro. A força de entrada da água para dentro do poço (quando o pistão sobe) é maior do que a de saída (quando o pistão desce), isto é, o fluxo no sentido aqüífero-poço é mais forte do que no sentido contrário. A vantagem desse tipo de pistão é que dependendo da profundidade em que ele é operado, consegue-se executar simultaneamente o desenvolvimento, e o bombeamento do poço.

Como operar um pistão de válvula?

O pistão poderá ter um rosca macho igual a da ferramenta de perfuração e neste caso é rosqueado à extremidade inferior da haste de perfuração à percussão. Quando o pistão é construído utilizando-se tubos, numa operação que possibilita o bombeamento simultâneo ao pistoneamento, este será rosqueado à própria coluna de bombeamento.

Etapas da operação do pistão

- Limpar bem o poço com a caçamba ou através de bombeamento. Neste caso utilizando-se mais freqüentemente uma coluna de ar móvel interna à coluna de tubos de água. Anotar as profundidades das secções filtrantes e com precisão a profundidade livre do poço;
- Verificar se o pistão está na posição correta, entre 1,0 e 1,5 m acima do topo da secção filtrante a ser trabalhada, já que a operação é feita secção a secção e que a operação obrigatoriamente se inicia pela secção mais alta (mais próxima da superfície);
- Verificar e regular o balancim da perfuratriz para o curso médio e adequado ao percurso que se pretende dar ao pistão;
- Acionar a perfuratriz iniciando lentamente os movimentos ascendentes e descendentes do pistão. A freqüência desejável do balancim é da ordem de 10 a no máximo 15 movimentos por minuto. No inicio da operação, fazer a limpeza do poço com a caçamba a cada cinco minutos, tempo este que poderá ser aumentado desde que se verifique que está entrando pouca areia no poço.
- À medida que se executa o desenvolvimento, observando sempre as recomendações acima,

Dado que el pistón de válvula es el más utilizado, se presenta el diseño constructivo y el principio de funcionamiento.

El pistón contiene aberturas o válvulas, que se abren cuando el pistón desciende y se cierran cuando el mismo sube dentro del pozo. Se opera en movimientos descendentes y ascendentes dentro del pozo, y fuerza el flujo del agua en los dos sentidos a través del filtro. La fuerza de entrada de agua hacia el pozo a través del filtro (cuando el pistón sube) es mayor que la de salida de agua hacia el acuífero a través del filtro (cuando el pistón desciende), esto es, el flujo en el sentido acuífero – pozo es más fuerte que en el sentido contrario. La ventaja de éste tipo de pistón es que dependiendo de la profundidad en que es operado, se consigue ejecutar simultáneamente el desarrollo y el bombeo del pozo.

¿Cómo operar un pistón de válvula?

El pistón deberá tener una rosca macho igual a la de la herramienta de perforación, y en éste caso es roscado a la extremidad inferior de las barras de perforación a percusión. Cuando el pistón es construido utilizándose los tubos, la operación posibilita el bombeo simultáneo al pistoneo, éste será roscado a la propia columna de bombeo.

Etapas de operación del pistón

- *Limpiar bien el pozo con una sonda o a través del bombeo. En éste caso se utiliza más frecuentemente una columna de aire móvil interna a la columna de tubos de agua. Anotar las profundidades de las secciones filtrantes y con precisión la profundidad libre del pozo;*
- *Verificar si el pistón está en la posición correcta, entre 1.0 y 1.5 metros por encima de la parte superior de la sección filtrante a ser trabajada, ya que la operación es hecha sección a sección, y la operación obligatoriamente se inicia por la sección más alta (más próxima de la superficie);*
- *Verificar y regular el balancín de la perforadora para definir el desplazamiento adecuado al movimiento que se pretende dar al pistón;*
- *Accionar la perforadora iniciando lentamente los movimientos ascendentes y descendentes del pistón. La frecuencia deseable del balancín es del orden de 10 y un máximo de 15 movimientos por minuto. En el inicio de la operación, realizar la limpieza del pozo con la sonda cada cinco minutos, tiempo éste que podrá ser aumentado desde que se verifique que está entrando poca arena en el pozo.*
- *A medida que se ejecuta el desarrollo, considerando siempre las observaciones indicadas recientemente, verificar si la cantidad*

verificar se a quantidade de areia diminuiu, e em caso afirmativo, aumentar gradativamente a freqüência da sonda até 30 ou 35 pancadas por minuto.

de arena disminuye, y en caso afirmativo, aumentar gradualmente la frecuencia de la sonda hasta 30 o 35 movimientos por minuto.

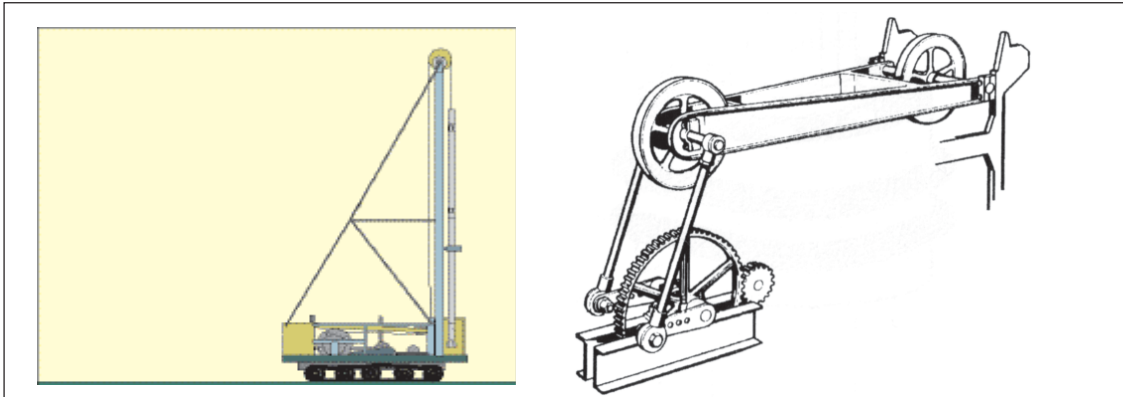



Figura 21.-
Esquema de sonda percussora com balancim

Figura 21.-
Esquema de sonda percusora con balancín

Como norma e procedimento seguro, se recomendam o pistoneamento, a partir das primeiras secções filtrantes (da superfície para o fundo do poço). Nunca atuar com o pistão dentro da coluna filtrante e sim, na parte lisa e superior da coluna de revestimento, imediatamente acima da porção filtrante.

Uma vez completada a operação e considerando-se que se atingiram condições satisfatórias de limpeza e que não se espera mais a entrada de volumes significativos de partículas finas no poço, efetua-se então a operação inversa, pistoneando as seções filtrantes de baixo para cima (pistão também trabalhando acima de cada secção filtrante).

Este é um procedimento eficiente para quebrar as possíveis pontes que tenham se formado por ocasião da instalação do pré-filtro, evitando-se assim o eventual aprisionamento da ferramenta por acúmulo de material particulado que poderia se depositar sobre o pistão, o que poderia provocar danos a estrutura do poço.

5.4.13.8 Produtos Químicos

Utilizados antes ou durante qualquer uma das operações acima e procurando atuar especificamente sobre determinadas características do poço, do aqüífero, ou do fluído de perfuração-reboco que estejam dificultando ou retardando o processo.

Como norma y procedimiento seguro, se recomienda el pistoneo a partir de las primeras secciones filtrantes (de la superficie hacia el fondo del pozo). Nunca realizar el pistoneo dentro de la columna filtrante, y sí en la parte lisa y superior de la columna de revestimiento, inmediatamente por encima de la porción filtrante.

Una vez culminada la operación y considerándose que se alcanzarán condiciones satisfactorias de limpieza, y que no se espera más la entrada de volúmenes significativos de partículas finas en el pozo, se efectúa entonces la operación inversa, pistoneando las secciones filtrantes de abajo hacia arriba (pistonear también trabajando por encima de cada sección filtrante).

Este es un procedimiento eficiente para romper los posibles puentes que se hayan formado por ocasión de instalación del pre-filtro, evitándose así el eventual aprisionamiento de la herramienta por acumulación de material particulado que podría depositarse sobre el pistón, lo que podría provocar daños a la estructura del pozo.

5.4.13.8 Productos químicos

Son utilizados antes o durante cualquiera de las operaciones mencionadas, y procurando actuar específicamente sobre determinadas características del pozo, del acuífero o del fluido de perforación-revoque que estén dificultando o retardando el proceso.

Exemplos destes são:
- polifosfatos-hexametafosfato de sódio $(NaPO_2)_6$ ou outros compostos
- compostos de cloro - hipoclorito de sódio ou cálcio
- ácidos - ácido muriático-clorídrico
- outros (No Rust/ Ferbax e etc.).

Os produtos químicos têm, portanto a finalidade de acelerar e facilitar a remoção de materiais que se encontram no poço e que por qualquer razão provocam uma diminuição da área filtrante, ou da permeabilidade do pacote de pré-filtro, ou do próprio aqüífero. Tem ainda a finalidade de viabilizar a remoção de substâncias que se incrustam na parede do poço - reboco (e outros tais como bactérias de ferro, carbonatos etc. na recuperação de poços) agilizando sua remoção. Atuam basicamente como defloculadores e dispersantes de argilas e outros materiais de granulometria fina.

Podemos fazer algumas recomendações para a aplicação destes produtos:
- A quantidade de polifosfato por m^3 de água contida no poço dever estar situada entre 8 e 10 kg.
- Admite-se uma mistura de 16 a 18 kg de polifosfato, 5 kg de carbonato sódico; 1,5 litros de hipoclorito de sódio a 12% para cada 1000 litros de água contida no poço.
- Admitem-se concentrações de até 25/30 kg/m^3, dependendo das condições operacionais na construção do poço e da formação geológica perfurada conter maior ou menor % de argilas e principalmente do tipo de argila que predomina na formação.
- Recomenda-se avaliar cuidadosamente as fórmulas dos produtos químicos, as características do fluido de perfuração e do próprio aqüífero, na utilização dos mesmos, a fim de se evitar algum dano ao poço e/ou a Formação.

5.4.13.9 Controle das operações de desenvolvimento

Após a realização dos serviços de desenvolvimento do poço e com informações preliminares de testes de bombeamento, antes de se dar por concluído os trabalhos, deve-se proceder a uma avaliação dos resultados, para uma quantificação da sua eficiência. Eventualmente podem-se buscar outras combinações que possam mostrar resultados adequados e compatíveis com os dados esperados e regionais.

Não descreveremos neste capítulo os procedimentos usuais, lembrando, no entanto que um bom ensaio de vazão deverá permitir a obtenção de parâmetros hidráulicos a partir da equação do rebaixamento de Jacob descrita como:

Ejemplos de éstos son:
- *polifosfatos-hexametafosfato de sodio $(NaPO_2)_6$ u otros compuestos*
- *compuestos de cloro - hipoclorito de sodio o calcio*
- *ácidos - ácido muriático-clorhídrico*
- *otros (Rust/ Ferbax, etc.).*

Los productos químicos tienen por tanto la finalidad de acelerar y facilitar la remoción de materiales que se encuentran en el pozo y que por cualquier razón provocan una reducción del área filtrante, o de la permeabilidad del paquete de pre-filtro, o del propio acuífero. Tienen también la finalidad de viabilizar la remoción de sustancias que se incrustan en la pared del pozo – revoque (y otros tales como ferro bacterias, carbonatos, etc. en la recuperación de pozos) agilizando su remoción. Actúan básicamente como de-floculadores y dispersantes de arcilla y otros materiales de granulometría fina.

Se pueden hacer algunas recomendaciones para la aplicación de éstos productos:
- *La cantidad de polifosfato por m^3 de agua contenida en el pozo se debe situar entre 8 y 10 Kg.*
- *Se admite una mezcla de 16 a 18 Kg. de polifosfato, 5 Kg. de carbonato de sodio; 1.5 litros de hipoclorito de sodio al 12 % para cada 1000 litros de agua contenida en el pozo.*
- *Se admiten concentraciones de hasta 25-30 Kg/m^3, dependiendo de las condiciones operacionales en la construcción del pozo y de la formación geológica perforada, su mayor o menor porcentaje de arcillas y principalmente el tipo de arcilla que predomina en la formación.*
- *Se recomienda evaluar cuidadosamente las fórmulas de los productos químicos, las características del fluido de perforación y del propio acuífero, en la utilización de los mismos, a fin de evitar algunos daños al pozo y/o a la formación.*

5.4.13.9 Control de las operaciones de desarrollo

Luego de realizar el desarrollo del pozo y con información preliminar de los ensayos de bombeo, antes de darse por concluido los trabajos, se debe proceder a una evaluación de los resultados, para cuantificar la eficiencia. Eventualmente se pueden buscar otras combinaciones que pueden presentar resultados adecuados y compatibles con los datos esperados y regionales.

No se describirá en éste capítulo los procedimientos usuales, recordando que un buen ensayo de bombeo deberá permitir la obtención de parámetros hidráulicos a partir de la ecuación de descensos de Jacob descrita como:

$$s = B.Q + C.Q''$$

Adaptado por Custódio & Llamas-1963

s= rebaixamento no poço
B= perda de carga no aqüífero
C= perda de carga construtiva
Q= vazão
n= é o expoente a ser aplicado. Normalmente é dois.

Esta equação, caracterizada por uma reta quando n=2 permitirá (ainda no campo), uma avaliação dos coeficientes de perda de carga do aqüífero (B) e do poço (C), e com isto poder avaliar se as características do poço estão dentro dos parâmetros esperados. Outras curvas (curva característica - vazão/rebaixamento) e a eficiência do poço permitirão uma avaliação da real situação do poço e em conseqüência do desenvolvimento efetuado.

A finalização dos serviços de desenvolvimento é considerada concluída, quando por comparação se atingiu valores próximos dos já conhecidos para a região ou aqüífero. No caso de não se chegar à estes valores e após uma análise detalhada dos processos utilizados e mesmo após sua repetição (ou de outros métodos) não se conseguir uma boa eficiência, torna-se necessária fazer uma avaliação de outros fatores que possam ter interferido nos resultados, sejam eles decorrentes de dados de projeto incorreto, ou de especificações técnicas de materiais (principalmente filtros) inadequadas ou de anomalias geológicas regionais não identificadas.

5.4.13.10 Seleção de bomba

Logo na conclusão da perfuração do poço e imediatamente após a etapa de desenvolvimento torna-se necessário a execução de ensaios de vazão que vão caracterizar o aqüífero e o seu potencial explorável.

Já na realização do teste de vazão deve-se contar com um equipamento que melhor atenda às condições previstas no projeto e também as condições físicas regionais onde o poço está situado, entendendo-se neste caso principalmente a questão da disponibilidade de energia no local do empreendimento.

Ao término do ensaio e de posse das variáveis necessárias a elaboração de um projeto eletro hidráulico de bombeamento do poço, torna-se necessário definir qual o equipamento a ser utilizado na exploração do poço.

Desta maneira, já que as diferenças entre uma situação e outra (teste de vazão e exploração definitiva) é pequena e conceitualmente as condições básicas para definição de

$$s = B.Q + C.Q''$$

Adaptado por Custodio & Llamas-1963

s = descenso en el pozo
B = pérdida de carga en el acuífero
C = pérdida de carga constructiva
Q = caudal
n = es el exponente a ser aplicado. Normalmente es dos.

Esta ecuación, caracterizada por una recta cuando n = 2, permitirá (aún en campo) un análisis de los coeficientes de pérdida de carga en el acuífero (B) y del pozo (C), y con esto se pueden evaluar si las características del pozo están dentro de lo esperado. Otras curvas (curva característica – caudal/descenso) y la eficiencia del pozo permitirán un análisis real de la situación del pozo y en consecuencia del desarrollo realizado.

La operación de desarrollo del pozo se considera concluida, cuando por comparación se alcanzan valores próximos de los ya conocidos para la región acuífera. En el caso de no alcanzar a éstos valores, y si luego de un análisis detallado de los procesos utilizados y aún luego de su repetición (o de otros métodos) no se consigue una buena eficiencia, se hace necesario realizar un análisis de otros factores que pueden haber intervenido en los resultados, sean ellos datos de proyecto incorrecto o de especificaciones técnicas de materiales (principalmente filtros) inadecuadas, o de anomalías geológicas regionales no identificadas.

5.4.13.10 Selección de la bomba

Luego de concluida la perforación del pozo e inmediatamente posterior a la etapa de desarrollo, se hace necesaria la ejecución de ensayos de bombeo que caractericen el acuífero y su potencial de explotación.

Ya en la realización del ensayo de bombeo se debe contar con el equipo que mejor atienda las condiciones previstas en el proyecto y también las condiciones físicas regionales donde el pozo está situado, entendiéndose en éste caso principalmente el hecho de la disponibilidad de energía en la zona del emprendimiento.

Culminado el ensayo, y ya analizado las variables necesarias para la elaboración de un proyecto electro-hidráulico de bombeo del pozo, se vuelve imperioso definir cual será el equipamiento a ser utilizado en la explotación del pozo.

De ésta manera, ya que las diferencias entre una situación y otra (ensayo de bombeo y explotación definitiva) son

um ou outro equipamento são as mesmas, vamos abordar neste item a questão do ponto de vista da seleção do equipamento de exploração do poço, lembrando, portanto que as premissas são válidas para a situação anterior que ocorre quando da realização do teste.

Equipamentos para teste de vazão e posterior exploração do poço, poderão ser encontrados no mercado segundo várias concepções de fabricação e de desempenho.
Sua seleção e recomendação no entanto, deve ser precedida da resposta a alguns pontos que poderão facilitar na operação do sistema, seja durante o teste de vazão, seja posteriormente na exploração do poço.

A realização de um teste de vazão, pode ainda vir acompanhada de um ou outro fator de insegurança, já que não implica em superar grandes obstáculos por longa duração e principalmente pelo fato de que neste caso, a duração além de curta, não implica em disponibilizar a água em determinados locais, muitas vezes a grande distância e com grande carga adicional. No entanto e na medida em que se define a condição de exploração de um poço e que se projeta um sistema de abastecimento a partir daquela unidade, as observações e atenções devem compreender toda uma gama de itens que procuraremos reproduzir neste item.

Pontos que devem ser observados nas especificações de um equipamento de bombeamento:

- Fonte de energia disponível no local e sua caracterização;
- Volume de água previsto no projeto e o desejável na exploração;
- Equipamento que oferece melhor condição de rendimento;
- Profundidade de instalação do equipamento e características básicas da instalação x demanda de equipamentos especiais para movimentação do mesmo;
- Condições de atendimento a situações programadas e emergenciais;
- Condições de assistência técnica do fabricante na região;
- Qualidade da água a ser bombeada e sua temperatura;
- Nível de proteção desejada;
- Nível de automação e controle desejado

De acordo com estas variáveis se poderiam projetar alguns tipos básicos de equipamentos, quais sejam:

- Conjunto Moto bomba submersa
- Conjunto Moto Bomba Turbina de eixo prolongado
- Compressores de ar
- Outros equipamentos de menor porte – injetoras, centrífugas, etc.

pequeñas, y conceptualmente las condiciones básicas de uno u otro equipamiento son las mismas, se va a abordar éste ítem desde el punto de vista de la selección del equipo de explotación del pozo, recordando que las premisas son válidas para la situación anterior en la que ocurre el ensayo de bombeo.

Equipos para el ensayo de bombeo y posterior explotación del pozo, podrán ser encontrados en el mercado según varias concepciones de fabricación y de rendimiento.
Su selección y recomendación en tanto, debe ser precedida de la respuesta de algunos puntos que podrán facilitar la operación del sistema, ya sea durante el ensayo de bombeo o posteriormente durante la explotación del pozo.

La realización de un ensayo de bombeo, puede estar acompañada de uno o varios factores de inseguridad, ya que el mismo no implica superar grandes obstáculos por larga duración y principalmente por el hecho de que en éste caso, la duración además de ser corta, no implica la disponibilidad de agua en determinados lugares, muchas veces con grandes distancias y con gran carga adicional. En tanto, en la medida en que se define las condiciones de explotación de un pozo y que se proyecta un sistema de abastecimiento a partir de ésta unidad, la observación y atención debe comprender una gama de ítems que se procuran reproducir en éste manual.

Puntos o características que se deben observar en las especificaciones de un equipo de bombeo:

- *Fuente de energía disponible en el lugar y su caracterización;*
- *Volumen de agua previsto en el proyecto y / o deseable en la explotación;*
- *Equipamiento que ofrezca mejor rendimiento;*
- *Profundidad de instalación del equipamiento y características básicas de instalación por demanda de equipos especiales para la instalación;*
- *Condiciones para la respuesta de situaciones programadas y de emergencia;*
- *Condiciones de asistencia técnica del fabricante en la región;*
- *Calidad del agua a ser bombeada y su temperatura;*
- *Nivel de protección deseada;*
- *Nivel de automatización y control deseado.*

De acuerdo con éstas variables se pueden proyectar algunos tipos básicos de equipamientos, los cuales son:

- *Conjunto motor-bomba sumergible*
- *Conjunto motor-bomba turbina de eje prolongado*
- *Compresores de aire*
- *Otros equipamientos de menor porte – inyectoras, centrífugas, etc.*

Destes equipamentos, os mais utilizados na área do SAG tem sido os três primeiros – bombas submersíveis, turbina e compressores de ar.

Vamos concentrar as informações sobre bombas submersíveis e turbina, visto que a questão de utilização de compressores tem sido decorrente de situações marginais, que vem sendo reduzida ano a ano. A realidade é que o compressor por demandar uma quantidade de energia maior que os dois sistemas acaba sendo utilizado basicamente em situações onde as condições construtivas do poço deixam a desejam e por erros construtivos os mesmos produzem grande quantidade de areia, o que inviabiliza a utilização segura tanto de bombas submersíveis quanto turbina.

De qualquer maneira a fundamentação para utilização de ar comprimido pode ser vista no item, que aborda os conceitos de pressão necessária ao deslocamento da coluna de água, câmara de mistura de ar-água e ainda de volume de ar requerido.

Bomba Submersível

Trata-se de um bombeador tipo centrífugo que á acoplada a um motor submersível, constituindo assim um conjunto onde o eixo de interligação de uma parte (bombeador) a outra (motor) é de pequena extensão, reduzindo com isto perdas de carga, demanda de energia, riscos de danos etc. Este equipamento apresenta a vantagem de uma vez definido o nível de bombeamento (nível dinâmico) para uma determinada vazão de exploração, poder trabalhar logo abaixo deste ponto.

O motor submersível é alimentado por cabo elétrico blindado e que pode operar a grandes profundidades sem risco de infiltração de água e redução de seu isolamento (salvo danos físicos ao mesmo).

Estes conjuntos moto bombas podem trabalhar com vazões pequenas – 1 m³/hora a centenas de m³/hora, durante milhares de hora sem requerer sua remoção (desde que operados convenientemente).

De éstos equipamientos, los más utilizados en el área del SAG han sido los tres primeros – bombas sumergibles, turbinas y compresores de aire.

Se va a centrar la información en las bombas sumergibles y de turbina, dado que la utilización de compresores ha sido en situaciones marginales, y viene disminuyendo año a año. La realidad es que el compresor por demandar una cantidad de energía mayor que los otros dos sistemas, acaba siendo utilizado únicamente en situaciones donde las condiciones constructivas del pozo no permiten la utilización de los otros sistemas, dado que por errores constructivos genera grandes cantidades de arena, lo que hace inseguro el uso de bombas sumergibles y de turbina.

De cualquier manera el fundamento para utilizar el aire comprimido puede ser visto en el ítem que aborda los conceptos de presión necesaria para elevar la columna de agua, cámara de mezcla de aire – agua y además el volumen de aire requerido.

Bombas sumergibles

Se trata de una bomba tipo centrífuga que se encuentra acoplada a un motor sumergible, constituyendo así un conjunto donde el eje de unión de una parte (bomba) a la otra (motor) es de pequeña extensión, reduciendo así las pérdidas de carga, demanda de energía, riesgos de daños, etc. Este equipo presenta la ventaja de que una vez definido el nivel de bombeo (nivel dinámico) para un determinado caudal de explotación, puede trabajar luego por debajo de éste punto.

El motor sumergible es alimentado por un cable eléctrico blindado, que puede operar a grandes profundidades sin riesgo de infiltración de agua y reducción de su aislamiento (salvo daños físicos al mismo).

Estos conjuntos motor – bomba pueden trabajar con caudales pequeños – 1 m^3/hora a centenas de m^3/hora, durante miles de horas sin requerir su retiro (operados convenientemente).

EST	HP	D	Ø	L	VAZÃO E ALTURA ELEVATÓRIA					
		mm	POL	mm	55	80	105	120	130	m3/h
1	17	240	6	1745	39	35	29	24	20	m
2	35	240	6	1858	76	70	59,5	51,5	44	m
3	50	240	6	2063	117	108	93	81,5	72	m
4	70	240	6	2438	156	144	124	108	95,5	m
5	85	240	6	2583	200	188	155,5	135	119,5	m
6	100	240	6	2728	234	216	187	161,5	142	m
7	120	240	6	3079	274	252	217,5	190	168	m
8	140	240	6	3364	312	288	249	216	191	m

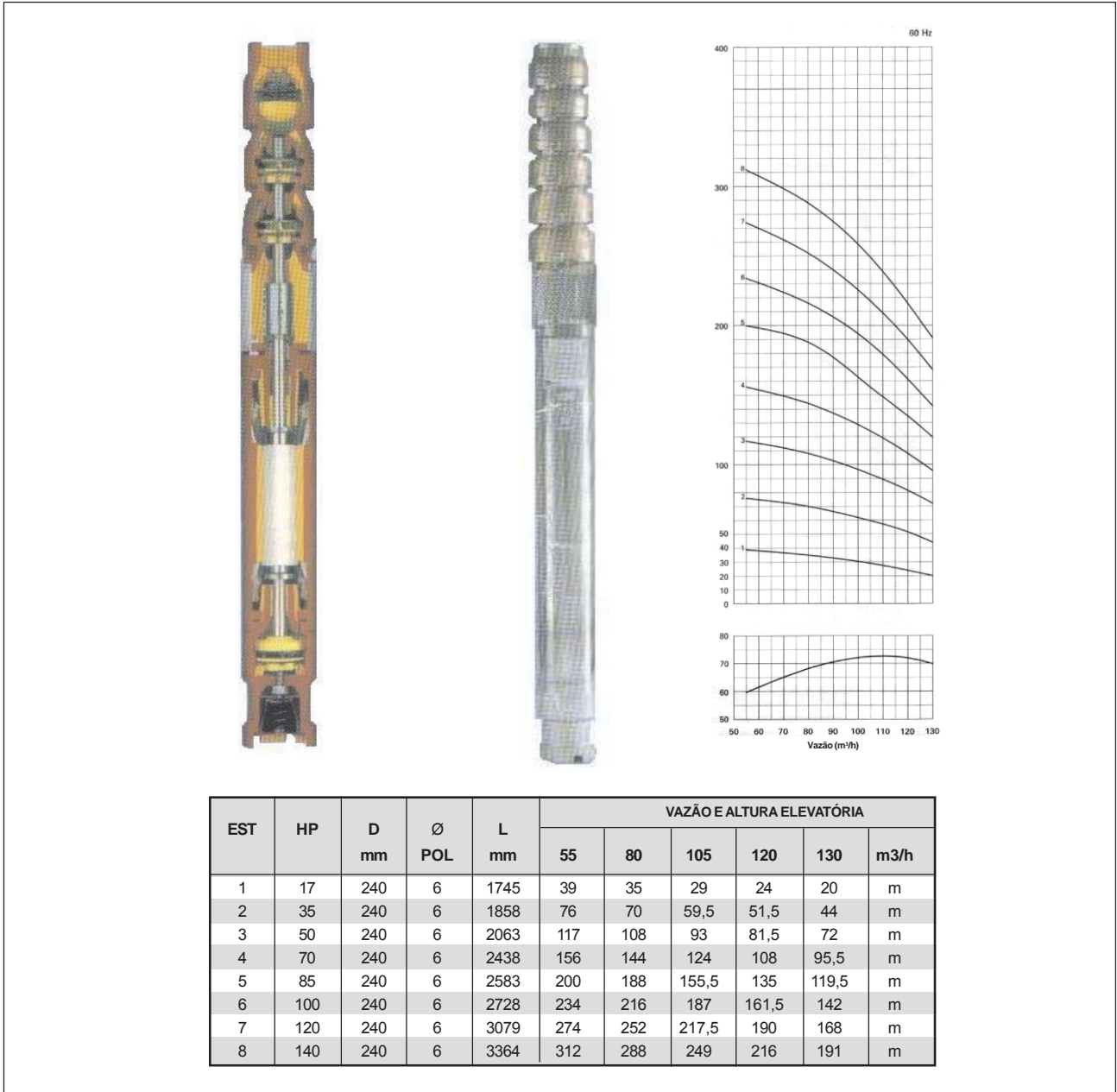



Figura 22.-
Grupo Moto Bomba Submersa – modelo de curva de rendimento de um equipamento e tabela analítica produção e altura manométrica total

Figura 22.-
Grupo Motor Bomba Sumergible – modelo de curva de rendimiento de un equipamiento y tabla analítica de producción y altura manométrica total

Bomba Turbina

É o mesmo tipo de sistema – bombeador – uma centrífuga vertical, porém com o motor trabalhando à distância do bombeador e ligado por um eixo denominado prolongado (devido a distância que pode chegar a centenas de metro). A característica construtiva do equipamento faz com que este eixo deva ser estabilizado através de mancais

Bomba de turbina

Es el mismo tipo de sistema de bombeo, centrífugo vertical, pero con el motor trabajando a distancia de la bomba y unido por un eje prolongado (debido a que la distancia puede llegar a centenas de metros). La característica constructiva del equipo implica que éste eje deba ser estabilizado a través de mangones roscados o bridados cada tres metros,

rosqueáveis ou flangeados a cada 3 metros, comprimento padrão de cada coluna e de cada eixo, localizado dentro de uma outra coluna que manterá o eixo centralizado até a saída do poço, onde estará localizado o motor. Embora o rendimento do conjunto seja normalmente inferior ao do conjunto moto bomba submersível, estes equipamentos tipo turbina possibilitam por outro lado a operação com volumes de água muito alto, a grandes profundidades e sem restrições com relação a temperatura da água bombeada.

largo patrón de cada columna y de cada eje, ubicado dentro de otra columna que mantendrá el eje centralizado hasta la salida del pozo, donde estará localizado el motor. El rendimiento del conjunto es normalmente inferior al del conjunto motor – bomba sumergible; éstos equipos tipo turbina posibilitan por otro lado la operación con volúmenes de agua muy grandes, a grandes profundidades y sin restricciones en relación a la temperatura del agua bombeada.

Figura 23.- Bomba Turbina

Figura 23.- *Bomba Turbina*

Em nível de Mercosul, onde o SAG está presente, tanto um quanto outro equipamento são bastante diversificados e oferecem respostas para praticamente toda a situação demandada.

Dimensionamento dos Equipamentos de bombeamento

Considerando as variáveis já mencionadas no item 1, o projetista deverá considerar ainda:

- Diâmetros do poço e da tubulação de revestimento, nível dinâmico e vazão de exploração.
- Temperatura da água
- Profundidade da instalação da bomba

A nivel del MERCOSUR, donde el SAG está presente, existe bastante diversificación de equipamientos, los que ofrecen respuesta para prácticamente todas las situaciones demandadas.

Dimensionado de los equipos de bombeo

Considerando las variables ya mencionadas en el ítem 1, el proyectista deberá considerar también:

- *Diámetros de pozo y de las tuberías de revestimiento, nivel dinámico y caudal de explotación*
- *Temperatura del agua*
- *Profundidad de instalación de la bomba*

- Características da coluna de bombeamento – diâmetros, peso etc.
- Características do cabo elétrico – tensão de operação
- Distâncias do poço ao reservatório e perdas de carga envolvida
- Desnível do poço ao reservatório

Normalmente a carga máxima é dada por:

$$H_{mt} = H_r + H_c + ND$$

Onde:
Hmt - altura manométrica total (em metros de coluna de água)
Hr - altura do recalque externo ao poço (altura do reservatório) (em m)
Hc - somatória das perdas de carga na tubulação adutora dentro e fora do poço (em m)
ND - Nível Dinâmico (em m)

Normalmente o fabricante indica e fornece tabelas de fácil utilização para o cálculo de perdas de carga e também para o dimensionamento do diâmetro de cabo elétrico (este em função do comprimento e da tensão de operação do motor)

Definido a condição básica de funcionamento, pode-se, a partir das tabelas de rendimento dos equipamentos, efetuar a seleção do modelo que melhor se situe para cada caso.

Acessórios e Outros itens a serem considerados

Painel de Comando

No mercado estão disponíveis diversos tipos de painéis de controle. A preocupação sem dúvida, além dos sistemas de partida do equipamento, que decorre de potência de motor etc., está no que se pretende obter de automação e segurança do conjunto como um todo. Assim, enquanto que obrigatoriamente deve-se dispor de um conjunto de eletrodos de controle de nível que serão instalados no poço, pode-se ainda contar com vários outros instrumentos no painel que auxiliarão a operação e o monitoramento do sistema. Estes conjuntos de acessórios incluem:

- Voltímetro e amperímetro
- horímetro
- Sistema de para raios de linha
- Fusíveis para partida
- Chave seccionadora geral
- Chave seletora manual – automático
- Comando para chave bóia,
- Relês de máxima e mínima tensão
- Sistema contra falta de fase ou de alerta

- *Características de la columna de bombeo – diámetros, peso, etc.*
- *Características del cable eléctrico – tensión de operación*
- *Distancias del pozo al depósito de almacenamiento y pérdidas de carga involucradas*
- *Desnivel del pozo al depósito de almacenamiento*

Normalmente la carga máxima está dada por:

$$H_{mt} = H_r + H_c + ND$$

Donde:
Hmt - altura manométrica total (en metros de columna de agua)
Hr - altura de impulsión externa al pozo (altura hasta el depósito de reserva) (en m)
Hc - sumatoria de las pérdidas de carga en la tubería de impulsión dentro y fuera del pozo (en m)
ND - Nivel Dinámico (en m)

Normalmente el fabricante indica y ofrece tablas de fácil utilización, para el cálculo de pérdidas de carga y también para el dimensionado del cable eléctrico (en función del largo y de la tensión de operación del motor).

Definida la condición básica de funcionamiento, se puede, a partir de tablas de rendimiento de los equipos, efectuar la selección del modelo que mejor se adapte para cada caso.

Accesorios y otros ítems a ser considerados

Panel de Comando

En el mercado hay disponible diversos tipos de panel de control. La preocupación sin duda, además de los sistemas de arranque del equipamiento, que resultan de la potencia del motor, etc. está en lo que se pretende obtener de automatización y seguridad del conjunto como un todo. Así, en tanto que obligatoriamente se debe disponer de un conjunto de electrodos de control de nivel, que serán instalados en el pozo, se puede contar aún con varios otros instrumentos en el panel que auxiliaran a la operación y monitoreo del sistema. Estos conjuntos de accesorios incluyen:

- *Voltímetro y amperímetro*
- *Horímetro*
- *Sistema de para rayos*
- *Fusibles para partida*
- *Llave de corte general*
- *Llave de selección manual – automático*
- *Comandos para boyas de control*
- *Reles de máxima y mínima tensión*
- *Sistema contra falta de fase o de alerta*

Usualmente a recomendação é de que o painel de comando fique em local situado até cerca de 10,0 metros da saída do poço e que seu abrigo seja dotado de boa ventilação, além de situado em altura compatível com os procedimentos de segurança de cada local.

Tubulação Edutora

Normalmente são utilizados tubos galvanizados para a linha até 6″ de diâmetro e pretos para diâmetros maiores *8 – 10 e 12″.

Em função da profundidade de instalação e da carga total, estes tubos são providos de roscas convencionais (BSP) ou de maior resistência (NPT – Butress etc)

Normalmente se trabalha com tubos com extensão de 6,0 metros de comprimento (condição mais usual no mercado) e quando se tem condições que ultrapassam um peso da ordem de 5 a 6 toneladas, se recomenda a utilização de uma tira ('bacalhau') de chapa de ferro com espessura de ¼″ e comprimento variável entre 0,15 a 0,40 m e que é posicionada nas extremidades do tubos (passando pela luva de acoplamento – onde não se aplica solda). Esta tira de chapa de aço é então soldada diretamente no tubo de tal maneira que se aumenta a resistência do sistema e se evita possíveis rotações que poderiam provocar a desconexão de um tubo ao outro, quando da partida do equipamento.

Tubo para medição de nível

É recomendada sempre a instalação de uma tubulação de aço galvanizado ou mesmo PVC – no diâmetro de ½″ ou ¾″ com o objetivo de se viabilizar o monitoramento do nível da água em repouso e durante o bombeamento. Este tubo é fixado próximo ao topo do conjunto moto bomba (por exemplo, em uma conexão – luva solidária a tubulação edutora) e é fixada a própria tubulação principal de bombeamento, a intervalos de 3,0 em 3,0 metros, através de cintas metálicas especiais (na falta pode-se utilizar cabo elétrico na amarração, observando sempre que determinados procedimentos como o uso de borrachas devem ser evitados já que as mesmas podem se tornar mais elásticas e com o tempo serem deslocadas para o topo do equipamento, onde num procedimento de retirada do equipamento poderão provocar dificuldades adicionais).

Cavalete na saída do poço

Segundo as recomendações gerais a tubulação de revestimento de um poço deve-se alongar até pelo menos 0,70 m acima da superfície do terreno e dispor de uma laje de proteção de concreto no seu entorno.

A saída da tubulação de bombeamento deve dispor sempre de um conjunto de conexões que possibilitará a intervenção

Usualmente la recomendación para el panel de comando requiere que el mismo se encuentre en local situado hasta 10.0 metros de la boca del pozo y que el tablero sea dotado de buena ventilación, además de estar situado en altura compatible con los procedimientos de seguridad del local.

Tubería de impulsión

*Normalmente son utilizadas tuberías galvanizadas para la línea de hasta 6" de diámetro y de acero negro para diámetros mayores *8 – 10 y 12".*
En función de la profundidad de instalación y de la carga total, estas tuberías son provistas de roscas convencionales (BSP) o de mayor resistencia (NPT – Butress, Etc.).

Normalmente se trabaja con tuberías con extensión de 6.0 metros de largo (condición más usual en el mercado) y cuando se tienen condiciones que sobrepasan un peso del orden de las 5 a 6 toneladas, se recomienda la utilización de una tira ('bacalhau') de chapa de hierro con espesor de ¼" y largo variable de 0.15 a 0.4 metro y que sea posicionada en las extremidades del tubo (pasando por la cabeza de acoplamiento – donde no se suelda). Esta tira de chapa de acero es en tanto soldada directamente en el tubo, de tal manera que se aumente la resistencia del sistema y se evitan posibles rotaciones que podrían provocar la desconexión de un tubo a otro, cuando se arranca el equipo.

Tubo para medición de nivel

Es recomendable siempre la instalación de una tubería de acero galvanizado o en PVC – en diámetros de ½" o ¾" con el objetivo de hacer viable el monitoreo del nivel del agua en el pozo en reposo y durante el bombeo. Esta tubería se fija próxima a la parte superior del conjunto motor – bomba (por ejemplo, en una conexión –solidaria a la tubería de impulsión) y es fijada a la propia tubería principal de bombeo, a intervalos de 3.0 m en 3.0 m, usando cintas metálicas especiales (si no hubieran se puede utilizar cable eléctrico para atar, observando siempre que determinados procedimientos como el uso de gomas debe ser evitado, ya que las mismas se pueden tornar más elásticas y con el tiempo se correrán hasta la parte superior del equipo, donde en un procedimiento de retirada del equipamiento podrá provocar dificultades adicionales).

Instalaciones en la salida del pozo

Según recomendaciones generales, la tubería de revestimiento de un pozo se debe prolongar al menos 0.7 m por encima de la superficie del terreno, y disponer de una sello de protección de concreto en su entorno.

A la salida de la tubería de bombeo se debe disponer siempre de un conjunto de conexiones que posibiliten la intervención

rápida e fácil ao sistema. Assim, deve-se prever a instalação de:

- curvas
- Uniões e niples
- Registros – tipo gaveta ou outro tipo
- Saída em T – para possibilitar extravasão, aferição de vazão e ainda de coleta de amostras de água
- Válvula de retenção
- Em casos de grande volume, dotar o tubo de ponto para se efetuar medidas de pressão da saída da água
- Medidor de vazão tipo turbina ou eletro-magnético

rápida y fácil al sistema. Es así que se debe prever la instalación de:

- *Curvas*
- *Uniones y niples*
- *Registros – tipo compuerta u otro tipo*
- *Salida en T – para posibilitar derivación, medición de caudal y aún la colecta de muestras de agua*
- *Válvula de retención*
- *En casos de gran volumen, dotar a la tubería de salida de agua de medidor de presión*
- *Medidor de caudal tipo turbina o electromagnético*

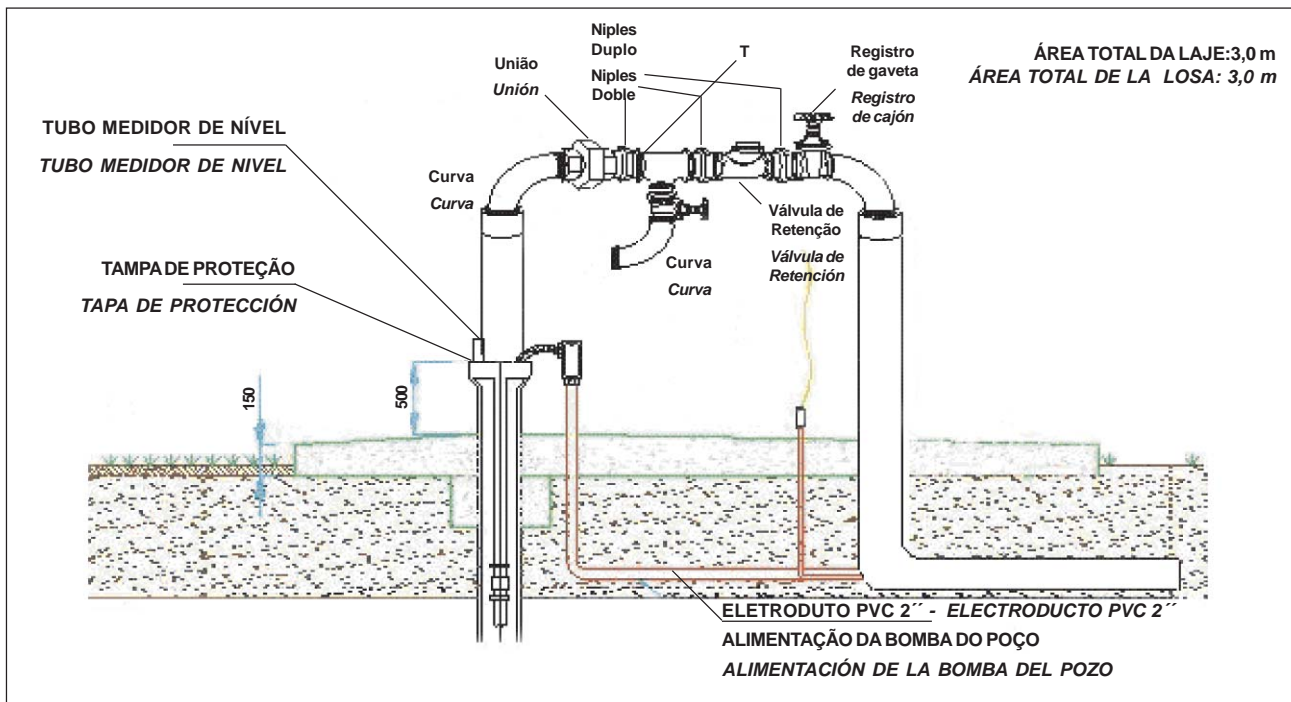



Figura 24.-
Projeto esquemático de um cavalete padrão

Figura 24.-
Proyecto esquemático de unas instalaciones comunes

Cabo elétrico

Como já mencionado, os manuais dos fabricantes do grupo moto bombas indicam quais os procedimentos para a seleção do cabo elétrico que alimentará o conjunto. Um cuidado especial é necessário quando a temperatura da água é superior a 28 °C, já que nesta condição se faz necessário considerar o efeito térmico sobre o cabo. A sugestão neste caso é consultar o fabricante do cabo ou do grupo moto bomba.

Cable Eléctrico

Como ya fue mencionado, los manuales de los fabricantes del grupo motor – bomba indican cuales son los procedimientos para la selección del cable eléctrico que alimentará el conjunto. Son necesarios cuidados especiales cuando la temperatura del agua es superior a 28 ºC, ya que en estas condiciones se hace necesario considerar el efecto térmico sobre el cable. La sugerencia en éste caso es consultar al fabricante del cable o del conjunto motor – bomba.

5.4.13.11 Procedimentos e recomendações básicas a serem adotadas na instalação de um grupo moto bomba

Quanto a equipamentos de pequeno porte (baixa potência e profundidade de instalação inferior a 50 metros) – pode se utilizar tubos de aço galvanizado ou de PVC resistente.

Observar sempre a questão de peso da coluna a ser removida, não deixando de considerar a possibilidade de a mesma estar cheia de água, já que alguns conjuntos de bombeamento são dotados de válvula de retenção na saída do bombeador.

Sempre operar com todos os equipamentos dimensionados para eventuais situações que possam demandar maiores esforços, seja por questões de aprisionamento (mais freqüentes), seja, como já foi dito pelo próprio volume de água contida na tubulação.

Tudo o pessoal que estiver na operação de instalação ou remoção de um conjunto de bombeamento deve ser treinado para conhecer os limites de cada equipamento, os riscos da operação e principalmente não deixarem de utilizar todos os equipamentos de proteção individual necessários a dar segurança ao grupo executor da tarefa.

Outras recomendações

Este manual dispõe de um breve capítulo sobre operação de poços, bem como apresenta tabelas de controle diário, semanal etc. da vida de um poço. Assim, observamos a necessidade de se utilizar aquelas informações que poderão viabilizar uma operação adequada do conjunto poço-equipamento-aquífero e permitirá que as intervenções no sistema se dêem segundo uma programação e não segundo procedimentos corretivos emergenciais. Também lá se discute quais os itens que possibilitará uma avaliação do desempenho do sistema. São indicadores de eficiência elétrica e hidráulica que deverão ser observados na vida de um poço tubular.

5.4.14. Teste de Bombeamento

A utilização do Sistema Aqüífero Guarani para diversas finalidades, como exploração e gestão da água subterrânea, suas ferramentas de controle para a preservação qualitativa e quantitativa implica no conhecimento da geometria do reservatório hídrico subterrâneo, e na definição das condições limites, bem como na avaliação do parâmetro hidrodinâmico do sistema aqüífero. Estas informações são obtidas através da interpretação das medidas e observações precisas e metódicas efetuadas durante os ensaios de bombeamento.

5.4.13.11 Procedimientos y recomendaciones básicas a ser adoptadas en la instalación de un grupo motor – bomba.

En cuanto a equipamiento de pequeño porte (baja potencia y profundidad de instalación inferior a 50 metros) – se puede utilizar tuberías de acero galvanizado o de PVC resistente. Observar siempre el peso de la columna, debido a la circunstancia de tener que ser removida la misma, no dejando de considerar que se puede encontrar llena de agua, ya que algunos conjuntos de bombeo son dotados de válvula de retención de la salida de la bomba.

Siempre operar con todos los equipos dimensionados para eventuales situaciones que puedan demandar mayores esfuerzos, sea por cuestiones de aprisionamiento (más frecuentes), sea como ya fue mencionado por el propio volumen de agua contenido en la tubería.

Todo el personal que intervenga en la operación de instalación o remoción de un conjunto de bombeo, debe ser capacitado para conocer los límites de cada equipo, los riesgos de operación y principalmente no dejar de utilizar todos los equipos de protección individuales necesarios para brindar seguridad al grupo humano ejecutor de las tareas.

Otras recomendaciones

Este manual dispone de un breve capítulo sobre la operación de pozos, en tanto presenta tablas de control diario, semanal, etc. de la vida de un pozo. Así, se observa la necesidad de utilizar aquella información que podrá viabilizar la operación adecuada del conjunto pozo – equipamiento – acuífero, y permitirá que las intervenciones en el sistema se den según un programa y no según procedimientos correctivos de emergencias. También se discute cuales ítems posibilitan valorar el desempeño del sistema. Los indicadores de eficiencia eléctrica e hidráulica deben ser observados en la vida de un pozo tubular.

5.4.14 Ensayo de bombeo

El uso del Sistema Acuífero Guaraní para diversas finalidades, como son la explotación y gestión de agua subterránea, sus herramientas de control para la preservación cualitativa y cuantitativa, implican el conocimiento de la geometría del reservorio hídrico subterráneo y la definición de las condiciones de borde, así como la estimación de los parámetros hidrodinámicos del sistema acuífero. Esta información es obtenida a través de la interpretación de las medidas y observaciones precisas y metódicas efectuadas durante los ensayos de bombeo.

5.4.14.1 Programação do teste de bombeamento

O programa de ensaio deve ser adaptado em função da natureza do sistema a avaliar, os parâmetros pesquisados levam em consideração os objetivos a atingir dentro de uma otimização do custo que pode representar a execução do teste. Não existe um método universal para realizar um teste de bombeamento. Devem-se definir os objetivos do teste e na seqüência a adequação às condições hidrogeológicas particulares de cada região com o objetivo de evitar resultados inconsistentes.

5.4.14.2 Teste de aqüífero

O teste de aqüífero através de rebaixamento e recuperação na vazão constante, tem como finalidade pesquisar os parâmetros hidrodinâmicos do aqüífero, objetivando a determinação de transmissividade. Sempre que possível, deve-se utilizar informações coletadas em poços na área de trabalho, como medidas de possível interferência. Estas informações possibilitarão obter o coeficiente de armazenamento.

O programa de teste consiste numa seqüência de rebaixamento a vazão constante com tempo de duração não inferior a 24 horas e na seqüência, medidas de recuperação com duração mínima de 6 horas.

Para adaptar o programa de teste convém obter todas as informações da avaliação hidrogeológicas disponíveis, tais como:

- Tipo de sistema aqüífero;
- Litologia das rochas atravessadas na perfuração;
- Espessura do aqüífero e seus limites prováveis;
- Níveis piezométricos e amplitude de variação;
- Vazões e rebaixamento medidos durante o desenvolvimento.

5.4.14.3 Teste de Produção

A finalidade do teste de poço consiste em avaliar as características do poço para definir a vazão ótima de exploração de acordo com o interesse do uso racional tendo em vista as perdas de carga imputada no aqüífero pela perfuração e pelo projeto construtivo. O programa de teste consiste numa seqüência de rebaixamentos à vazão crescente e de duração constante. As vazões de cada etapa são definidas em função dos valores do teste de aqüífero.

5.4.14.1 Programación del ensayo de bombeo

El programa de ensayo debe ser adaptado en función de la naturaleza del sistema a evaluar, los parámetros investigados tienen en consideración los objetivos a cumplir, considerando siempre la optimización del costo que puede representar la ejecución del ensayo. No existe un método universal para realizar un ensayo de bombeo. Se deben definir los objetivos del ensayo, y consecuentemente la adecuación del mismo a las condiciones hidrogeológicas particulares de cada región, con el objetivo de evitar resultados inconsistentes.

5.4.14.2 Ensayo para determinación de parámetros del acuífero

El ensayo de bombeo midiendo descenso y recuperación a caudal constante, tiene como finalidad estimar los parámetros hidrodinámicos del acuífero, con el objetivo de la obtención de la Transmisividad. Siempre que sea posible, se debe utilizar información colectada en pozos del área de trabajo, como medida de posibles interferencias. Esta información posibilitará obtener el coeficiente de almacenamiento.

El programa de ensayo consiste en una secuencia de descensos a caudal constante, con tiempo de duración no inferior a 24 horas, y además medidas de recuperación con duración mínima de 6 horas.

Para adaptar el programa del ensayo conviene obtener toda la información de evaluación hidrogeológica disponible, tal como:

- *Tipo de sistema acuífero;*
- *Litología de las rocas atravesadas en la perforación;*
- *Espesor del acuífero y sus límites probables;*
- *Niveles piezométricos y rango de variación;*
- *Caudales y descensos medidos durante el desarrollo.*

5.4.14.3 Ensayo de Producción

La finalidad del ensayo de pozo consiste en analizar las características del pozo, para definir el caudal óptimo de explotación de acuerdo con el interés de uso racional, considerando las pérdidas de carga introducidas en el acuífero por la perforación y por el proyecto constructivo. El programa de ensayo consiste en una secuencia de descensos a caudal creciente y de duración constante. Los caudales de cada etapa se definen en función de los valores obtenidos en el ensayo de acuífero.

5.4.14.4 Realização de testes de bombeamento

Para que as informações obtidas possam permitir a obtenção de parâmetros corretos e confiáveis, é importante observar algumas indicações, como segue:

- Antes de iniciar o teste o poço deve permanecer paralisado durante um período mínimo de 24 horas, para se obter um nível estático representativo.
- O teste de bombeamento deve obedecer a seguinte seqüência para alcançar os objetivos propostos e minimizar os custos operacionais: teste de aqüífero por rebaixamento duração entre 24 a 36 horas à vazão máxima, seguido do teste de recuperação como indicado acima (mínimo de 6 horas). Após, efetuar o teste de produção em 4 ou 5 etapas sucessivas, de igual duração, com vazões progressivas, correspondendo a taxa entre 40 a 100% da vazão máxima. A duração de cada etapa deve ser constante para todas as etapas e deve ser observada a passagem instantânea de uma etapa para outra, sem interrupção do bombeamento. Usualmente se recomenda períodos de 2 horas para cada etapa.
- O Bombeamento deve ser realizado com bombas submersas ou de eixo prolongado, com capacidade de extrair uma vazão igual ou superior a estimar no teste preliminar.
- O poço deve ser equipado com uma tubulação auxiliar no diâmetro de ½" ou ¾" que permita a introdução de sonda para se efetuar as medições de nível de água com precisão centimétrica.
- As medições de vazão devem ser efetuadas com dispositivos compatíveis com as taxas bombeadas, sem restrição de vazão para os sistemas contínuos como hidrômetros, medidores elétrico, vertedouros, orifícios calibrados ou também utilizar os volumétricos quando inferior a 20m^3/h.
- A tubulação de descarga deve ser dotada de válvula de regulagem adequada, permitindo manobras rápidas para a mudança de vazão, assim como de conexão que permita a obtenção de amostras de água a qualquer tempo e de maneira segura.
- O lançamento de água bombeada onde o aqüífero se encontra em condições livres ou área de afloramento deve ser feito de maneira a evitar recarga induzindo para o poço.
- As medidas do nível de água durante os testes de rebaixamento, recuperação e de produção devem seguir a freqüência de tempo abaixo e nos intervalos indicados, o que propiciará uma facilidade maior quando da interpretação do no campo.
- Em campo será mais fácil a utilização de papel monolog (método de Cooper-Jacob, 1946) e será possível avaliar «in situ» a evolução do cone de

5.4.14.4 Realización del ensayo de bombeo

Para que la información obtenida pueda permitir la obtención de parámetros correctos y confiables, es importante observar algunas indicaciones que se detallan a continuación:

- *Antes de realizar el ensayo al pozo, el mismo debe permanecer sin explotación al menos 24 horas, para poder obtener un nivel estático representativo.*
- *El ensayo de bombeo debe obedecer a la siguiente secuencia para alcanzar los objetivos propuestos y minimizar los costos operacionales: ensayo de acuífero por descenso con duración de 24 a 36 horas a caudal máximo, seguido del ensayo de recuperación según se indicó antes (mínimo de 6 horas). Luego efectuar el ensayo de producción en 4 o 5 etapas sucesivas, de igual duración, con caudales progresivos correspondiente a tasas entre 40 a 100 % del caudal máximo. La duración de cada etapa debe ser constante para todas ellas y debe ser observado el pasaje instantáneo de una etapa a la otra, sin interrupción de bombeo. Usualmente se recomienda períodos de 2 horas para cada etapa.*
- *El bombeo debe ser realizado con bombas sumergibles o de eje prolongado, con capacidad para extraer un caudal igual o superior al estimado en el ensayo preliminar.*
- *El pozo debe ser equipado con una tubería auxiliar en los diámetros ½" o ¾", que permita la introducción de la sonda para efectuar las mediciones del nivel de agua con precisión centimétrica.*
- *Las mediciones de caudal deben ser realizadas con dispositivos compatibles con las tasas bombeadas, sin restricción de caudal para los sistemas continuos como hidrómetros, medidores eléctricos, vertederos, orificios calibrados o también utilizar los volumétricos cuando el caudal es inferior a 20 m^3/h.*
- *La tubería de descarga debe estar dotada de válvula de regulación adecuada, permitiendo maniobras para el cambio de caudal, así como de conexión que permita la obtención de muestras de agua en cualquier momento y de manera segura.*
- *El vertido de agua bombeada donde el acuífero se encuentra en condiciones de libre, o en zonas de afloramiento del mismo, debe ser realizado de manera de evitar la recarga inducida hacia el pozo.*
- *Las medidas del nivel de agua durante los ensayos de descenso, recuperación y de producción deben seguir la frecuencia de tiempo que se indica en la tabla siguiente y en los intervalos indicados, lo que proporcionará una mayor facilidad de interpretación en el campo.*
- *En el campo resultará más sencillo la utilización del papel semi-logarítmico (método de Cooper-Jacob,*

depressão e se adotar medidas para prolongar, alterar ou mesmo refazer parte do ensaio.

- As medidas poderão ser utilizadas posteriormente em escritório para trabalhos mais apurados e que demande informações mais precisas (Theis, 1935).

Período (minutos)	Intervalo de leitura (minutos)
0-10	1
10-18	2
18-30	3
30-100	10
100-180	20
180-300	30
300 en diante	60

- Após a regulagem inicial as medidas de vazão durante o teste de bombeamento devem ser efetuadas a intervalos de uma hora.
- Durante os testes devem ser elaborados gráficos de acompanhamento plotando-se os níveis de água ou rebaixamento em função do tempo em papel monolog. O comportamento gráfico deve fornecer ao técnico e a fiscalização elementos para decidir sobre a prorrogação do tempo de bombeamento ou de recuperação e paralisação do teste quando atingido os objetivos.
- O teste de produção deve ser interpretado no campo para se verificar as condições de desenvolvimento do poço, ou caso necessário repetir o teste.
- Durante o decorrer dos testes (aqüífero/produção) é aconselhado verificar a presença de areia com a instalação de um ciclone para efetuar as devidas medições instantâneas e acumuladas. Também se deve monitorar a temperatura e o pH da água durante este teste.
- Após os testes de aqüífero e de produção, quando o mesmo faz parte de uma bateria em zona com interferência, recomenda-se a execução de um teste complementar com bombeamento simultâneo de todos os poços, durante pelo menos 20 horas com a finalidade de se conhecer as reais condições de exploração do aqüífero de forma dinâmica e calibrarão dos parâmetros determinados.

5.4.14.5 <u>Realização de testes de bombeamento em poço surgente</u>

Os poços surgentes deverão ter procedimento idêntico aos que necessitam de bombeamento para a execução dos testes, devendo ser instalado na linha um manômetro de precisão para medir as variações de pressão hidrostática, bem como a instalação de uma placa de orifício circular calibrada, atendendo as distâncias preestabelecidas entre as possíveis perdas localizadas.

1946) y será posible evaluar «in situ» la evolución del cono de descenso y adoptar medidas de prolongar el ensayo, alterarlo o re-hacer parte del mismo.

- *Las mediciones podrán ser analizadas posteriormente en el escritorio para trabajos más elaborados, y que demande información más precisa (Theis, 1935).*

Período (minutos)	*Intervalo de lectura (minutos)*
0-10	*1*
10-18	*2*
18-30	*3*
30-100	*10*
100-180	*20*
180-300	*30*
300 en adelante	*60*

- *Luego de la estabilización inicial, las medidas de caudal durante el ensayo de bombeo se efectuarán a intervalos de una hora.*
- *Durante los ensayos deben ser realizados gráficos de apoyo, graficándose los niveles de agua o descenso en función del tiempo en papel semi-logarítmico. El comportamiento gráfico debe proporcionar al técnico elementos para decidir sobre la prórroga del tiempo de bombeo o de recuperación y la detención del ensayo cuando se hayan alcanzado los objetivos.*
- *El ensayo de producción debe ser interpretado en el campo, para verificar las condiciones de desarrollo del pozo, o en caso necesario repetir el ensayo.*
- *Durante el transcurso de los ensayos (acuífero/producción) es aconsejable verificar la presencia de arena con la instalación de un ciclón para efectuar las debidas mediciones, instantáneas y acumuladas. También se debe monitorear la temperatura y el pH del agua durante este ensayo.*
- *Luego de los ensayos de acuífero y producción, cuando el pozo forma parte de una batería de pozos en una zona con interferencia, se recomienda la ejecución de un ensayo complementario con bombeo simultáneo de todos los pozos, durante al menos 20 horas con la finalidad de conocer las condiciones reales de explotación del acuífero de forma dinámica y calibrar los parámetros determinados.*

<u>5.4.14.5</u> <u>Realización de ensayos de bombeo en pozo surgente</u>

Los pozos surgentes deberán tener un procedimiento idéntico a los que necesitan de bombeo para la ejecución de los ensayos, debiendo ser instalado en la línea un manómetro de precisión para medir las variaciones de presión hidrostática, así como la instalación de una placa orificio circular calibrada, considerando las distancias

Rebaixamento

Estando o poço fechado, teremos a pressão máxima no manômetro que representa o nível estático. Em seguida abre-se o registro para o poço entrar em produção. Aciona-se o cronômetro e passa-se a efetuar as leituras de pressão e vazão nos tempos recomendados.

Recuperação

Efetua-se a leitura da última medida de pressão estabilizada do poço em surgência. Fecha-se o registro, aciona-se o cronômetro e passa-se a medir a pressão que vai aumentando nos tempos predefinidos da mesma forma que se efetua num teste de recuperação em poços surgentes.

Teste de produção escalonado

O teste de produção (escalonado) pode ser efetuado abrindo parcialmente o registro em cada uma das etapas geralmente quatro, para se obter as vazões e os níveis correspondentes, objetivando a obtenção dos parâmetros para interpretação da equação característica.

5.4.15. Teste de Alinhamento e Verticalidade

Principio

Tendo em vista que um poço tubular profundo deve estar o mais próximo possível da vertical e alinhado, efetuar um ensaio que objetive checar esta condição, é utilizar de procedimentos de verificação de prumo e alinhamento de um poço, durante ou ao término da perfuração.

Efetivamente, o objetivo deste ensaio é o de verificar se o mesmo se encontra dentro de um padrão de tolerância que permita ou não a sua utilização. De certa maneira este padrão tem variado no tempo, já que a evolução dos equipamentos de exploração dos poços tem sofrido uma evolução constante, seja com redução de seu diâmetro ou comprimento, seja devido a maior eficiência dos mesmos, etc. permitindo até mesmo que em determinadas situações de desvio da verticalidade não se inviabilize a exploração do Poço.

O problema de verticalidade e alinhamento ocorre principalmente quando se trabalha com método de perfuração a percussão. Neste caso, os desvios são mais freqüentes, assim como a anomalia conhecida como «perna de cachorro».

A utilização de sondas rotativas em condições adequadas de perfuração, reduz a tal ponto este risco, que na prática não se tem realizado hoje em dia o ensaio de verticalidade e alinhamento.

preestablecidas en las posibles pérdidas producidas en la salida.

Descenso

Cuando el pozo se encuentra cerrado, se tendrá la presión máxima en el manómetro que presenta el nivel estático. Enseguida se abre la válvula para que el pozo entre en producción. Se acciona el cronómetro y se realizan las lecturas de presión y caudal en los tiempos recomendados.

Recuperación

Se efectúa tras la última medida de presión estabilizada del pozo en surgencia. Se cierra la válvula del pozo, se acciona el cronómetro y se pasa a medir la presión que va aumentando en los tiempos predefinidos de la misma forma en que se efectúa en ensayos de recuperación en pozos no surgentes.

Ensayo de producción escalonado

El ensayo de producción (escalonado) puede ser realizado abriendo parcialmente el registro del pozo en cada una de las etapas que generalmente son cuatro, para obtener los caudales y niveles correspondientes, con el objetivo de obtener los parámetros para la interpretación de la ecuación característica.

5.4.15 Ensayo de alineamiento y verticalidad

Principio

Considerando que un pozo tubular profundo debe estar lo mas próximo posible de la vertical y alineado, se efectúa un ensayo cuyo objetivo sea verificar esta condición, se utilizan procedimientos de verificación de verticalidad y de alineamiento de un pozo, durante o al término de la perforación.

Efectivamente, el objetivo de este ensayo es el de verificar si el mismo se encuentra dentro de un patrón de tolerancia que permita o no su utilización. De cierto modo este patrón varía en el tiempo, ya que la evolución de los equipos de explotación de los pozos han sufrido un progreso constante, sea la reducción de su diámetro o largo, sea debido a la mayor eficiencia de los mismos, etc. permitiendo que en determinadas situaciones de desvío de la vertical no sea inviable la explotación del pozo.

El problema de la verticalidad y alineamiento ocurre principalmente cuando se trabaja con el método de perforación a percusión. En este caso, los desvíos son más frecuentes así como la anomalía conocida como «pierna de perro».

La utilización de sondas rotativas en condiciones adecuadas de perforación, reducen a tal punto este riesgo, que en la práctica hoy en día no se realiza el ensayo de verticalidad y alineamiento.

Em qualquer hipótese as condições de verticalidade e alinhamento são importantes no trecho destinado à câmara de bombeamento, já que determinados equipamentos, tipo bomba de eixo vertical, exige condições de verticalidade e alinhamento muito rígidas. Se, no entanto estiver projetado a utilização de bomba submersa, esta condição é mais flexível e o nível de tolerância é aumentado.

Quanto ao trecho subseqüente à câmara de bombeamento, até o final da perfuração, ainda que também tenha que estar em condições de alinhamento e verticalidade adequadas, pode-se até dispensar o ensaio. A realização de ensaio nesta secção, só terá significado se durante a instalação da coluna, ocorrer dificuldades que até mesmo poderiam (ou deveriam) justificar a suspensão da instalação do revestimento e a retificação da perfuração..

Porém, a ocorrência de fato como este, durante a instalação da coluna de revestimento, em que se observa esta dificuldade devido falta de alinhamento (problema originado pelo não controle da perfuração, no que diz respeito a relação entre coluna estabilizada, uso adequado de centralizadores e peso correto sobre a broca) e com isto podendo causar dificuldades na instalação do revestimento, deve sugerir, já neste momento, a remoção da coluna e a retificação (correção) da perfuração, objetivando-se eliminar as causas que deram origem a dificuldade. Nesta condição é recomendável, ao término do poço a execução de ensaios de verticalidade e alinhamento.

Procedimentos

Alguns procedimentos para o ensaio de alinhamento e verticalidade poderiam ser adotadas, e embora singelos podem ser substituídos por ensaios simples, de baixo custo e que apresentam alto retorno no que diz respeito a informação desejada.

Método Convencional

Quando se dispõe de uma sonda percussora a cabo sobre o poço se torna fácil sua utilização. Em outra situação, um tripé dotado de um sarrilho/roldana também oferece esta possibilidade. Neste caso, as recomendações são:

a) Quanto ao ferramental e dispositivos necessários:

- Peso de aproximadamente 5 a 10 kg (suficiente para tracionar o cabo de aço) constituído por um tubo com diâmetro igual ao da coluna de revestimento – diminuído de 6,5 a 7,0 mm. Seu comprimento não deve exceder o diâmetro do próprio revestimento a ser vistoriado. Este peso – cilíndrico- deve ter um gancho de suporte no centro de sua parte superior, que permita a fixação do cabo de aço.

En cualquier hipótesis las condiciones de verticalidad y alineamiento son importantes en el tramo destinado a la cámara de bombeo, ya que determinados equipos, bomba tipo de eje vertical exige condiciones de verticalidad y alineamiento muy rígidas. Sí, en cambio , estuviera proyectada la utilización de bomba sumergible, ésta situación es mas flexible y el nivel de tolerancia es aumentado.

En cuanto al tramo inmediato a la cámara de bombeo hasta el final de la perforación, aunque también tenga que estar en condiciones de alineamiento y condiciones de verticalidad adecuadas, inclusive se podrá evitar la medición. La realización del ensayo en esta sección solo tendrá significado si durante la instalación de la columna ocurren dificultades que hasta podrían (o deberían) justificar la suspensión de la instalación del revestimiento y la rectificación de la perforación.

Por lo tanto, la ocurrencia de esta problemática durante la instalación de la columna de revestimiento, debido a la falta de alineamiento (problema originado por la ausencia de control en la perforación, en lo que respecta a la relación entre la columna estabilizada, uso adecuado de centralizadores y peso correcto sobre la broca) y con esto pudiendo causar dificultades en la instalación del revestimiento, debe decidirse ya en este momento la remoción de la columna y la rectificación (corrección) de la perforación, con el objetivo de eliminar las causas que dan origen a esta dificultad. En estas condiciones es recomendable, al término del pozo la ejecución de ensayos de verticalidad y alineamiento.

Procedimientos

Algunos procedimientos para el ensayo de alineamiento y verticalidad podrían ser adoptados, e inclusive pueden ser sustituidos por ensayos simples, de bajos costos y que presentan alto retorno respecto a la información deseada.

Método convencional

Cuando se dispone de una sonda perforadora a percusión por cable sobre el pozo se torna fácil su utilización. En otra situación, un trípode dotado de una roldana también ofrece esta posibilidad. En este caso las recomendaciones son:

a) En cuanto a las herramientas y dispositivos necesarios:

- *peso de aproximadamente 5 a 10 kg. (suficiente para traccionar el cable de acero) constituido por un tubo con diámetro 6.5 a 7.0 mm inferior al de la columna de revestimiento. Su largo no debe exceder el diámetro del propio revestimiento. Este peso – cilíndrico – debe poseer un gancho de soporte en el centro de su parte superior que permita su fijación al cable de acero.*

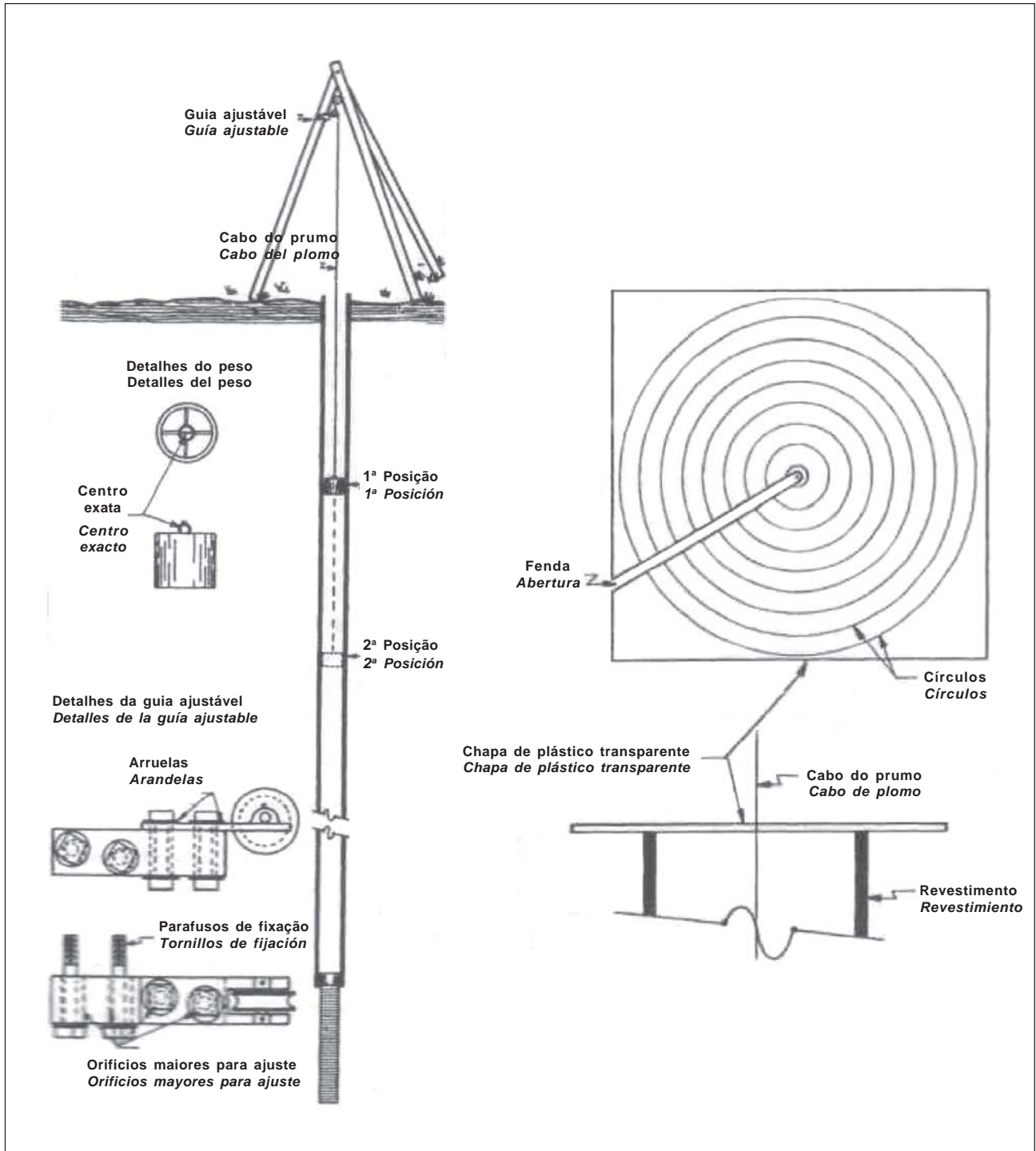



Figura 25.-
Esquerda, Disposição típica para a verificação da verticalidade e alinhamento de um poço; Direita, A chapa de plástico com círculos concêntricos colocada sobre o revestimento auxilia a medida do afastamento.

Fonte: Água Subterrânea e Poços Tubulares – Johnson Screens – 3ª edição. – Cetesb – SP

Figura 25.-
Izquierda, Disposición típica para la verificación de verticalidad y alineamiento de un pozo; Derecha, La chapa de plástico con círculos concéntricos colocada sobre el revestimiento auxiliar a la medida del apartamiento.

Fonte: Agua Subterránea y Pozos Tubulares – Johnson Screens – 3ª edición. – Cetesb - SP

- Cabo de aço de 1/8" (3,2 mm) – equivalente ao cabo de aço utilizado no processo de limpeza com caçamba
- Um disco rígido – de chapa de aço – de ¼" (6,35mm) ou mesmo de plástico rígido transparente. O disco deve ser montado sobre uma base e deve permitir sua rotação sobre esta mesma base. Este disco – vide figura 23 - será dotado de marcas concêntricas, afastadas uma da outra de maneira regular (em média de cm a cm) e terá um corte que permita a passagem do cabo de aço.

O procedimento consiste basicamente na obtenção de medidas que são feitas a partir do centro do disco e que são tomadas sempre que o cabo de aço se afasta deste ponto central. A fenda (e o fato do disco ter possibilidade de rotação) permite que o cabo se afaste até o limite que é a própria tubulação de revestimento do poço. Observa-se que o fato de ser possível uma rotação do disco, permite também se medir a direção em que ocorre o desvio.

A ferramenta – peso utilizado - estará suspensa e poderá se movimentar a partir de um ponto fixo (roldana) situada a uma altura conhecida. Em se tratando de uma sonda percussora, a altura equivale ao do ponto onde se encontra a roldana suporte do cabo de aço (em média 6 m). Num tripé – pode se adotar medidas padrão – como 3 metros.

Na medida em que esta ferramenta é deslocada no interior do poço, são feitas observações no disco, e medidas a intervalos fixos, registrando tanto o afastamento do ponto central do disco (distância) quanto sua direção. As medidas ocorrerão desta maneira – a intervalos fixos de 3,0 ou 6,0 metros.

Por relação de triângulos, é possível se calcular tanto a direção para onde o poço está deslocado, quanto também de deslocamento em relação a vertical. A fórmula básica decorre de uma regra de 3 simples, qual seja:

«O desvio do poço a uma determinada profundidade, é igual ao afastamento do cabo do centro do disco multiplicado pela extensão total do cabo (desde a roldana até a profundidade avaliada) e este produto é dividido pela distância entre o disco/tampa e a altura do ponto de suspensão do cabo (da roldana). Esta medida indicará o afastamento o poço da sua vertical.»

Uma conclusão imediata decorre da observação de a variação é constante a cada intervalo medido e desde que ela ocorra na mesma direção pode-se concluir que o poço está fora da vertical, porém com alinhamento adequado.

- *cable de acero de 1/8" (3.2 mm) – equivalente al cable de acero utilizado en el proceso de limpieza con sonda.*
- *un disco rígido – de chapa de acero – de ¼" (6.35 mm) o también de plástico rígido transparente. El disco debe ser montado sobre una base y debe permitir su rotación sobre la misma base. Este disco – ver figura 23 – será dotado de marcas concéntricas, separadas una de otra de manera regular (promedialmente cada un cm) y tendrá un corte que permita el pasaje del cable de acero.*

El procedimiento consiste básicamente en la obtención de medidas que son hechas a partir del centro del disco y que son tomadas siempre que el cable de acero se separe del punto central. La faja realizada en el disco (y el hecho de que disco tenga la posibilidad de rotación) permite que el cable se aparte hasta el límite que es la propia tubería de revestimiento del pozo. Se observa que el hecho de ser posible una rotación del disco, también permite medir la dirección en que ocurre el desvío.

La herramienta – peso utilizado – estará suspendida y podrá moverse a partir de un punto fijo (roldana) situada a una altura conocida. Si se trata de una sonda percusora, la altura equivale a la del punto donde se encuentra la roldana soporte del cable de acero (generalmente 6 metros). En un trípode – se puede adoptar medida patrón – como 3 metros.

En la medida que esta herramienta se desplaza al interior del pozo se realizan observaciones en el disco, y medidas a intervalo fijo, registrando tanto el apartamiento del punto central del disco (distancia) como su dirección. Las medidas ocurren de esta manera – a intervalo fijo de 3 o 6 metros.

Por relación de triángulos es posible calcular tanto la dirección hacia donde el pozo esta desviado, como también el desvío en relación a la vertical la formula básica surge de una regla de tres simple, como es:

«El desvío del pozo a una determinada profundidad, es igual al apartamiento del cable del centro del disco multiplicado por la extensión total del cable (desde la roldana hasta la profundidad evaluada) y este producto es dividido por la distancia entre el disco y la altura del punto de suspensión del cable (de la roldana). Esta medida indicara el apartamiento del pozo de su vertical»

Una conclusión inmediata proviene de la observación de que la variación es constante a cada intervalo medido, y desde que ella ocurre en la misma dirección, se puede concluir que el pozo está fuera de la vertical, pero con alineamiento adecuado.

Numa situação em que se observa a variação da direção de deslocamento do cabo de aço, torna-se necessário observar se este efeito poderia inviabilizar a instalação de uma coluna de tubos de bombeamento.

O gráfico obtido com as medidas possibilita a interpretação desta anomalia. Na figura 26, com medidas teóricas e simuladas é possível se visualizar esta situação.

En caso de que se observe variación de dirección del cable de acero, se hace necesario observar si este hecho podría hacer no viable la instalación de la columna de tubos de bombeo.

El gráfico obtenido con las medidas posibilita la interpretación de esta anomalía. En la figura 26, con medidas teóricas y simuladas es posible visualizar esta situación.

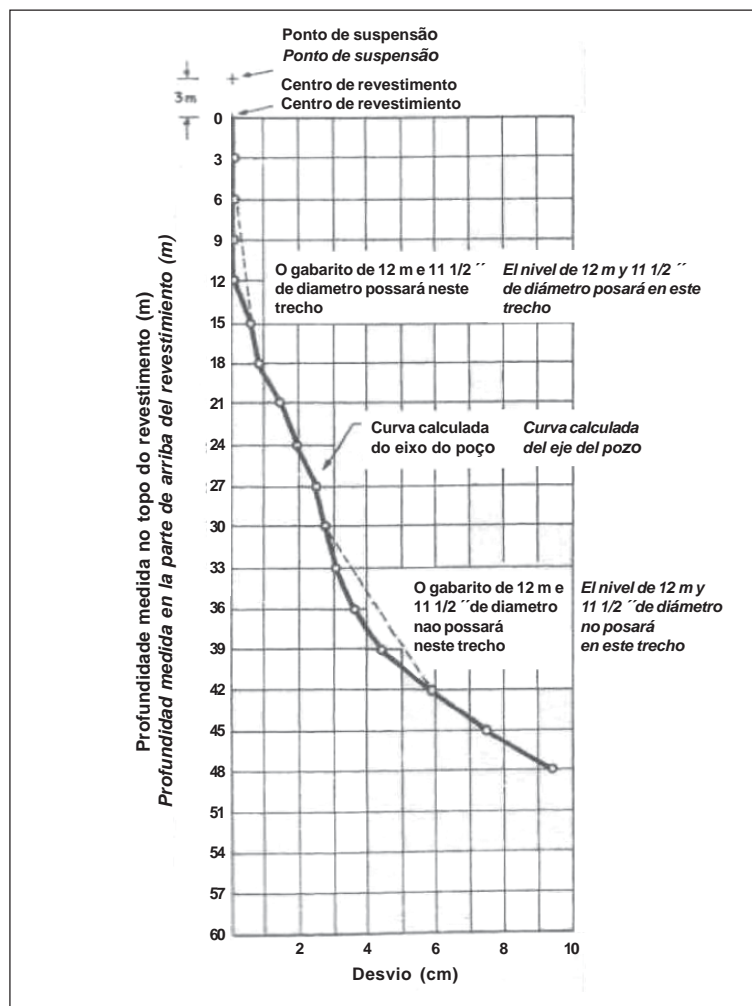



Figura 26.-
Curva indicativa da linha de centro de um poço deformado ou curvo e fora da vertical.

Fonte: Água Subterrânea e Poços Tubulares – Johnson Screens – 3ª edição. – Cetesb - SP

Figura 26.-
Curva indicativa de la posición del eje de un pozo deformado o curvo y fuera de la vertical.

Fuente: Agua Subterránea y Pozos Tubulares – Johnson Screens – 3ª edición. – Cetesb - SP

Novamente é de se ressaltar que, mesmo numa condição extrema, onde um gabarito com diâmetro de apenas 6,5/7,0 mm a menor que o diâmetro do revestimento do poço – e com extensão de 12,0 m poderia não ter condições de passar em toda a extensão da câmara de bombeamento, se isto seria ou não condição para inviabilizar a utilização do poço. Deve-se verificar, se as condições de mercado oferece alternativa de diâmetro (tubulação e do grupo moto bomba) que possibilitem a utilização do poço, ainda que não atendendo ao padrão teórico de tolerância.

Método Prático

Nossa recomendação é que, quando necessário, se utilize sistema prático e mais simples e que podem confirmar diretamente a viabilidade de se instalar os equipamentos de bombeamento projetados.

Para tanto, um procedimento relativamente simples e fácil, consistirá em se instalar uma coluna de perfuração (já que o ensaio poderá ser feito imediatamente após o desenvolvimento e teste de vazão) que disporá na sua extremidade inferior de anéis de ferro, numa extensão de 4 a 6 metros um do outro e ao longo de até 12,0 metros.

Estes anéis deverão ter diâmetro equivalente ao do equipamento projetado, ou de 2" a menos do que o diâmetro da coluna de revestimento.

Este de fato é o objetivo, já que em qualquer hipótese, estando a secção filtrante adequadamente envolvida pelo pré-filtro e o poço não apresentando produção de sólidos, não haveria necessidade de se testar a verticalidade e alinhamento ao longo de toda sua extensão

Duas relações recomendadas para esta situação prática e eficiente, para poços de grande diâmetro.

a) em poços de 12.1/4" – admite-se a utilização de tubos de 9.5/8" ou de hastes de perfuração com anéis de até 10", instalados na extremidade da coluna (extensão de 9,0 a 12,0 metros)
b) em poços de 17.1/2" recomenda-se a utilização de tubos de 13.3/8" ou ainda de hastes de perfuração com anéis de até 14" (também com extensão de 9,0 a 12,0 metros).

Uma vez checado que a descida desta ferramenta ocorre sem nenhuma anomalia, se terá configurado a situação que atende ao projeto e ao poço. Esta situação é válida para quaisquer diâmetros da coluna de revestimento, adequando-se apenas o diâmetro dos anéis.

Uma observação adicional sobre verticalidade se encontra no item 5.4.14. Perfilagens de Poços, sub item – perfis mecânicos – de verticalidade.

Nuevamente es de resaltar que, en una condición extrema donde un tubo con diámetro de apenas 6.5/7.0 mm menor que el del revestimiento del pozo y con extensión de 12 metros podría no tener condiciones de pasar en toda la extensión de la cámara de bombeo, debería evaluarse si esto seria o no condición para hacer no viable la utilización del pozo. Se debe verificar, si las condiciones de mercado ofrecen alternativas de diámetro (tubería y del grupo motor bomba) que posibiliten la utilización del pozo, aún no respetando el patrón teórico de tolerancia.

Método práctico

Nuestra recomendación es que, cuando sea necesario, se utilice el sistema práctico y más simple y que pueda confirmar directamente la viabilidad de instalar los equipos de bombeo proyectado.

Por lo tanto, un procedimiento relativamente simple y fácil consistirá en instalar una columna de perforación (ya que el ensayo podrá ser hecho inmediatamente luego del desarrollo y ensayo de caudal) que poseerá en su extremidad inferior anillos de hierro, en una extensión de 4 a 6 metros uno del otro y a lo largo de hasta 12 metros.

Estos anillos deberán tener diámetro equivalente al del equipo proyectado, o de 2" menos que el diámetro de la columna de revestimiento.

Esto de hecho es el objetivo, ya que en cualquier hipótesis, estando la sección filtrante adecuadamente envuelta por el prefiltro y el pozo no presentando producción de sólidos, no habría necesidad de ensayar la verticalidad de alineamiento a lo largo de toda su extensión.

Dos relaciones recomendadas para esta situación práctica y eficiente, para pozo de gran diámetro:

a) en pozos de 12.1/4" – se admite- la utilización de tubos de 9.5/8" o de barras de perforación con anillos de hasta 10", instalados en la extremidad de la columna (extensión de 9,0 a 12,0 metros)
b) en pozos de 17.1/2" se recomienda la utilización de tubos de 13.3/8" o aún de barras de perforación con anillos de hasta 14" (también con extensión de 9,0 a 12,0 metros).

Una vez verificado que el descenso de esta herramienta ocurre sin ninguna anomalía, se tendrá conformada la situación que responde al proyecto y al pozo. Esta situación es válida para cualquier diámetro de la columna de revestimiento, modificando apenas los diámetros de los anillos.

Una observación adicional sobre la verticalidad se encuentra en el ítem 5.4.14 Perfilajes de pozos, sub ítem Perfiles mecánicos de verticalidad.

6 DESINFECÇÃO

Por mais cuidados que se toma durante a fase de perfuração, é praticamente inevitável que se provoque a introdução de materiais e ou ferramentas contaminadas, que poderão numa fase posterior possibilitar o desenvolvimento de colônias de bactérias. Mesmo na fase de conclusão, durante os ensaios de produção do poço, ou mesmo na fase de instalação do equipamento definitivo de exploração poderemos estar introduzindo germes e bactérias que devem ser objeto de controle e eliminadas.

Usualmente ao término da construção e instalação de um poço se efetuam análises físico-químicas e bacteriológicas objetivando precisar a qualidade da água.

Para se conseguir eliminar a presença de coliformes fecais (e em conseqüência outros tipos de bactérias patogênicas), utilizam-se normalmente produtos químicos desinfetantes ou esterilizantes. Os mais usuais aplicados inclusive rotineiramente em ETA – Estação de Tratamento de Água e Reservatórios, Redes de Distribuição etc., são os compostos a base de Cloro, tais como Hipoclorito de Sódio, Hipoclorito de Cálcio, etc.

Para se atingir o objetivo com eficiência e a confiança de que o processo não necessitará de novas aplicações é necessário que os procedimentos a serem adotadas na desinfecção do conjunto poço -aqüífero - equipamento de bombeamento, sejam cuidadosamente observados.

Para tanto adotamos o seguinte roteiro de procedimentos que objetivam o sucesso desta operação:

- Cálculo do volume de água contida no poço e no envoltório de pré-filtro:
- Escolha do produto químico a ser utilizado, caracterizando com precisão o volume de Cloro disponível, que é função da concentração de Cloro no produto;
- Cálculo da quantidade do produto a ser aplicado, de tal maneira que se tenha a possibilidade de termos um volume de solução contendo no mínimo 50 ppm de cloro livre após a sua introdução no poço.
- Observamos aqui o fato de que o desejável seria termos uma quantidade de solução equivalente a três vezes o volume calculado em A, ou seja, três vezes o volume da perfuração propriamente dito, e que a solução introduzida no poço seja acrescida de uma porção (já contida no poço) isenta de Cloro livre. Neste caso deve-se considerar o efeito desta diminuição de

6 DESINFECCIÓN

Por más cuidados que se tomen durante la fase de perforación, es prácticamente inevitable que se provoque la introducción de materiales y o herramientas contaminadas, que podrán en una fase posterior posibilitar el desarrollo de colonias de bacterias. Igualmente en la fase de terminación, durante los ensayos de producción de pozo, o en la fase de instalación del equipo definitivo de explotación se podrá estar introduciendo gérmenes y bacterias que deben ser objeto de control y eliminación.

Usualmente al término de la construcción de un pozo se efectúan análisis físico-químicos y bacteriológicos con el objetivo de determinar la calidad del agua.

Para conseguir eliminar la presencia de coliformes fecales (y en consecuencia otros tipos de bacterias patogénicas), se utilizan normalmente productos químicos desinfectantes o esterilizantes. Los mas usuales aplicados inclusive rutinariamente en ETA – Estación de Tratamiento de Agua y Reservorios, Redes de Distribución etc., son los compuestos a base de Cloro, tales como Hipoclorito de Sodio, Hipoclorito de Calcio, etc.

Para lograr el objetivo con eficiencia y confianza de que el proceso no necesitara de nuevas aplicaciones es necesario que los procedimientos a ser adoptados en la desinfección del conjunto pozo-acuífero-equipamiento de bombeo-, sean cuidadosamente realizados.

Para ello se adopta la siguiente rutina de procedimientos que tiene por objetivo esta operación:

- *Cálculo del volumen de agua contenida en el pozo y en el pre-filtro;*
- *Elección del producto químico a ser utilizado, definiendo con precisión el volumen de cloro disponible, que es función de la concentración de cloro en el producto;*
- *Cálculo de la cantidad de producto a ser aplicado, de tal manera de disponer de un volumen de solución conteniendo no menos de 50 ppm de cloro libre posterior a su introducción en el pozo.*
- *Se observa que lo deseable es tener una cantidad de solución equivalente a tres veces el volumen calculado en A, o sea, tres veces el volumen de la perforación propiamente dicha, y que la solución introducida en el pozo sea incrementada de una porción (ya contenida en el pozo) carente de cloro libre. En éste caso se debe considerar el efecto de ésta disminución de concentración, buscándose adecuar la solución a ser introducida*

concentração, buscando-se adequar a solução a ser introduzida a um patamar maior para se atingir o mínimo desejável de 50 ppm.

- Tendo em vista que o limite máximo de Cloro livre na solução pode atingir até valores de 200 ppm, fica relativamente fácil, se trabalharmos com uma concentração de 120 a 150 ppm na solução a ser introduzida no poço, desde que se tenha um volume da ordem de três vezes o volume contido no poço. Não tendo disponibilidade de um volume equivalente a este, deve-se adequar à concentração da solução.
- A indicação de um volume equivalente a três vezes o volume contido no poço se deve ao fato de que ao se colocar a solução no poço, teremos a certeza de que poderemos atingir toda a extensão do mesmo, o envoltório de pré-filtro e ainda uma extensão do aqüífero, numa porção que sofre os efeitos de possível contaminação. De outra maneira, ao se reduzir o volume da solução, não se tem assegurado que a solução altamente concentrada atingirá toda a extensão do poço e seus arredores.
- O procedimento ideal de colocação da solução no poço requer a instalação de uma coluna de tubos e/ou hastes, através da qual se fará a introdução da mesma. Na medida em que se coloca a solução, haverá uma remoção da coluna. Efetivamente é uma operação cara e num poço muito profundo, é demorada. Variáveis, tais como:

Colocação do produto químico sólido dentro de um tubo perfurado e a sua movimentação ao longo da extensão do poço, ou ainda;

A introdução de todo um volume numa única porção do poço e em seqüência o bombeamento forçando um fluxo da solução para a bomba e revertendo o fluxo para dentro do próprio poço, lavando-se as paredes desde a superfície até a altura do nível d' água provocando a homogeneização da solução pode ser adotada segundo as dificuldades e custos locais.

É importante após a homogeneização da solução que a mesma seja mantida em repouso por um período não inferior a 4 horas, tempo após o qual se deve bombear o poço até que não seja observada a presença de cloro livre no mesmo. Para tanto, simples indicações de campo mostram a presença de cloro livre ou não na água. A coleta de uma amostra quando já não se observar Cloro livre e sua análise mostrarão os resultados atingidos.

a una concentración mayor para alcanzar el mínimo deseable de 50 ppm.

- *Considerando que el límite máximo de cloro libre en la solución puede llegar a valores de hasta 200 ppm, resulta relativamente fácil, si trabajamos con una concentración de 120 a 150 ppm en la solución a ser introducida en el pozo, de obtener un volumen del orden de tres veces el contenido en el pozo. Si no se dispone de un volumen equivalente a éste, se debe adecuar la concentración de la solución.*
- *La indicación de un volumen equivalente a tres veces el volumen contenido en el pozo, se debe al hecho de que al colocarse la solución en el pozo se tendrá la certeza de que se podrá alcanzar toda la extensión del mismo, el recubrimiento de pre-filtro y aún una extensión de acuífero, en la porción que sufre los efectos de posible contaminación. De otra manera, al reducirse el volumen de solución, no se asegura que la solución altamente concentrada alcance toda la extensión del pozo y sus alrededores.*
- *El procedimiento ideal de colocación de la solución en el pozo requiere la instalación de una columna de tubos y/o barras, a través de la cual se hará la introducción de la misma. En la medida en que se introduzca la solución, habrá una remoción de la columna. Efectivamente es una operación delicada y en un pozo muy profundo, se demora. Variables tales como:*

Colocación del producto químico sólido en el interior de un tubo perforado y su movimiento a lo largo de la extensión del pozo, o aún;

La introducción de todo el volumen en una única porción de pozo, y enseguida el bombeo forzando un flujo de la solución hacia la bomba y revertir el flujo hacia el interior del propio pozo, lavándose las paredes desde la superficie hasta la altura del nivel de agua, provocando la homogeneización de la solución, puede ser adoptado el procedimiento según las dificultades y costos de la zona.

Es importante posteriormente a la homogeneización de la solución, que la misma sea mantenida en reposo por un período no inferior a 4 horas, después del cual se debe bombear el pozo hasta que no se observe la presencia de cloro libre en el mismo. Por lo cual, simples indicaciones de campo muestran la presencia de cloro libre en el agua. La colecta de una muestra cuando ya no se observa cloro libre y su análisis deberán mostrar los resultados alcanzados.

Observamos que quando por ocasião de uma manutenção do poço ou do equipamento de bombeamento deve-se prever a realização desta operação, já que novamente poderão ser introduzidos materiais contaminados no poço.

Uma análise físico-química e bacteriológica anual revelará por outro lado a necessidade de outras medidas corretivas no poço.

Principais produtos químicos disponíveis no mercado e suas concentrações em Cloro Livre:

- Hipoclorito de Sódio – NaClO - 10 a 12%;
- Hipoclorito de Cálcio ou H.T.H. – Tabletes de $Ca(ClO)_2$=70 a 75%
- Soluções Alvejantes (Cândida ou Q.Boa) = 3 a 4%

Observa-se ainda, principalmente em Serviços Públicos de Abastecimento, a aplicação de solução de cloro imediatamente após o bombeamento da água, na própria rede de água e na saída do poço.

Sistemas relativamente simples de dosadores (de nível constante, ou eletro-mecânico) instalados na linha permitem a aferição e controle da aplicação de soluções de cloro, de tal maneira que se busca não só assegurar permanentemente a qualidade, como também introduzir mecanismos que permitirão a distribuição da água com excedente de cloro livre. Viabiliza assim a manutenção da qualidade da água não só na rede de distribuição como também nos reservatórios públicos e domiciliares.

Se observa que cuando por ocasión de un mantenimiento del pozo o del equipo de bombeo, se debe prever la realización de ésta operación, ya que nuevamente podrán ser introducidos materiales contaminados en el pozo.

Un análisis físico-químico y bacteriológico anual revelará por otro lado, la necesidad o no de otras medidas correctivas en el pozo.

Los principales productos químicos disponibles en el mercado y sus concentraciones en Cloro Libre son:

- *Hipoclorito de Sodio – NaClO - 10 a 12%;*
- *Hipoclorito de Calcio o H.T.H. – Tabletas de $Ca(ClO)_2$ =70 a 75%*
- *Soluciones Blanqueadoras = 3 a 4%*

Se observa también que, principalmente en Servicios Públicos de Abastecimiento, la aplicación de solución de cloro inmediatamente posterior al bombeo de agua, en la propia red de agua y en la salida del pozo.

Sistemas relativamente simples de dosificación (de nivel constante o electromecánicos) instalados en la línea permiten la cuantificación y control de la aplicación de soluciones de cloro, de tal manera que se busca no sólo asegurar la calidad, sino también introducir mecanismos que permitan la distribución de agua con excedente de cloro libre. Viabiliza así el mantenimiento de la calidad del agua no solo en la red de distribución, sino también en los depósitos públicos y domiciliarios.

7 AMOSTRAGEM DA AGUA

Ao final do teste de bombeamento deve-se coletar amostras de água, dentro das normas específicas para análises físico químico e bacteriológico. Em decorrência da vulnerabilidade maior ou menor recomenda-se procedimentos e análises diferenciadas conforme o local da perfuração.

7.1 Em zona de afloramento

Em zonas de afloramentos onde o aqüífero tem comportamento hidrodinâmico de livre a semi confinado, as análises físico-química e bacteriológica, deverão ser analisados os seguintes parâmetros:

- Físico
- Inorgânicos
- Agrotóxicos
- Orgânicos
- Desinfetantes e produtos secundários a desinfecção

7.2 Em zonas de Confinamento

Nas zonas onde o aqüífero se encontra em condições de confinamento minimizando a sua poluição tendo em vista o baixo grau de vulnerabilidade, recomenda-se que seja feitos os seguintes parâmetros, que possibilitam sua classificação pela concentração de sais.

7 MUESTREO DE AGUA

Al final del ensayo de bombeo se deben colectar muestras de agua, respetando las normas específicas para análisis físico químico y bacteriológico. En relación a la vulnerabilidad mayor o menor se recomienda procedimientos y análisis diferenciados conforme a la ubicación de la perforación.

7.1 En zona de afloramiento

En zonas de afloramientos donde el acuífero tiene comportamiento hidrodinámico de libre a semi confinado, los análisis físicos químicos y bacteriológicos deberán incluir los siguientes parámetros:

- *Físico*
- *Inorgánicos*
- *Agro-tóxicos*
- *Orgánicos*
- *Desinfectantes y productos secundarios de la desinfección*

7.2 En zonas de confinamiento

En las zonas donde el acuífero se encuentra en condiciones de confinamiento, minimizándose así su contaminación dado por su bajo grado de vulnerabilidad, se recomienda que sean realizados los siguientes parámetros, que posibilitan su clasificación por la concentración de sales.

8 SERVIÇOS COMPLEMENTARES

8.1 Tampa de vedação

Concluídos os trabalhos de testes de vazão de um poço, no período compreendido entre a compra e a instalação dos equipamentos de bombeamento, o poço deverá permanecer lacrado, com uma tampa soldada (com um orifício de ¾ polegadas para entrar uma sonda para medir o nível estático em poços não surgentes e com níveis estáticos de até 100 – 150 metros aproximadamente) a coluna de produção ou então se a coluna for de PVC promover um esquema de proteção contra atos de vandalismo, muito freqüentes nesse tipo de obra. Isto será possível na medida em que se dotar o sistema na parte externa de um revestimento adicional em aço, que protegerá adequadamente a estrutura de PVC.

8 SERVICIOS COMPLEMENTARIOS

8.1 Tapa superior

Concluidos los trabajos de ensayo de caudal del pozo, en el período comprendido entre la compra y la instalación de los equipos de bombeo, el pozo deberá permanecer lacrado, con una tapa soldada (con un orificio de ¾ pulgadas para permitir introducir una sonda para medir el nivel estático en pozos no surgentes y con niveles estáticos de hasta 100 – 150 metros aproximadamente) a la columna de producción o si la columna fuera de PVC, realizar un esquema de protección contra actos de vandalismo, muy frecuentes en éste tipo de obras. Una solución posible a la última situación consiste en revestir en acero la estructura de PVC.

8.2 Laje de proteção

Geralmente a coluna de revestimento é colocada com um excedente de aproximadamente 0,60 metros acima do solo. Concluídos os trabalhos de testes de bombeamento, constrói-se uma laje de proteção em torno do poço, de concreto, por vezes armado, com as dimensões de 1,75 x 1,75 x 0,15 metros de espessura. Além disso, dependendo da região e dos riscos locais recomenda-se que a área no entorno do poço, com 10 metros de raio deva ser protegida por um alambrado de tela, e uma cobertura de brita no solo.

8.3 Equipamentos e condições de monitoramento

Quando da descida do conjunto moto bomba em um poço, geralmente é instalado de maneira solidária à tubulação edutora, uma coluna de aço galvanizada ou de PVC de ¾" de diâmetro nominal, para a medida dos níveis de um poço. Ainda na superfície, são instalados hidrômetros, de turbina ou eletromagnético para as medidas de vazão. Após a curva edutora de superfície, antes do hidrômetro, em geral coloca-se uma válvula de retenção e após o hidrômetro, instala-se uma saída lateral de ¼" para eventual necessidade de monitoramente de areia e coleta de amostra de água para controle qualitativo.

O medidor de nível pode ser elétrico, pneumático, sônico ou pressostático. O ideal é que estes instrumentos possam ser monitorados a distância e constantemente, assim como a vazão, que alem de ser monitorada instantaneamente devera ter um dispositivo que permita sua totalização.

Quadro elétrico dispõe hoje em dia de dispositivos para medir a amperagem, a totalização das horas operadas, porem quando não existirem deverão ser preenchidas planilhas especificamente elaboradas para este fim.

Um monitoramento desta natureza poderá indicar alem da eficiência do sistema, a hora exata de necessidade de uma manutenção preventiva de um poço produtor.

8.2 Sello de protección

Generalmente la columna de revestimiento se coloca con un tramo excedente de aproximadamente 0.60 metros por encima del suelo. Finalizados los trabajos de ensayo de bombeo, se construye un lacre de protección en torno del pozo, de hormigón, algunas veces armado, de dimensiones 1.75 x 1.75 y 0.15 metros de espesor. Además de lo señalado, dependiendo del lugar y de los riesgos de la zona en el entorno al pozo, en un radio de 10 metros debe ser protegido por un alambrado de malla, y una cobertura de pedregullo en el suelo.

8.3 Equipamientos y condiciones de monitoreo

Cuando se coloca el conjunto motor bomba en el pozo, generalmente se instala de manera solidaria a la tubería de elevacíon, una columna de acero galvanizada o de PVC de ¾" de diámetro nominal, para la medida de los niveles en el pozo. Aún en la superficie, son instalados hidrómetros (caudalímetros), de turbina o electromagnético para la medida de caudal. Posteriormente en la tubería de impulsión en superficie, antes del hidrómetro, en general se coloca una válvula de retención y posteriormente el hidrómetro, se instala una salida lateral de ¼" para eventuales necesidades de monitoreo de arena y colecta de muestras de agua para control cualitativo.

El medidor de nivel puede ser eléctrico, neumático, sónico, o presostático. Lo ideal es que estos instrumentos puedan ser monitoreados a distancia y constantemente, así como el caudal, que además de ser monitoreado instantáneamente deberá tener un dispositivo que permita su totalización.

Los tableros eléctricos disponen actualmente de dispositivos para medir el amperaje, el total de las horas operadas, pero cuando no existieran tales dispositivos deberán ser completadas planillas específicamente elaboradas para ese fin.
Un monitoreo de esta naturaleza podrá indicar además de la eficiencia del sistema la hora exacta de necesidad de mantenimiento preventivo de un pozo productor.

9 RELATÓRIO DE PERFURAÇÃO

As informações que deverão constar de um relatório final da construção do poço, seja ele de exploração ou mesmo de pesquisa e investigação devera ser as que seguem.

- Localização do poço – informando as coordenadas geográficas (em base – UTM ou WGS84), cota do terreno e outros dados – como Rua, Cidade, Estado, Província ou Departamento, Bacia e Sub Bacia Hidrográfica
- Proprietário do poço e do direito de uso do poço – responsável legal pela outorga
- Responsável pela concessão da Outorga de Uso do Poço e a finalidade da água
- Responsável pelo projeto e especificações técnicas
- Empresa Perfuradora
- Método de Perfuração e Equipamentos utilizados
- Diâmetros de perfuração e sistema de amostragem
- Características do fluído de perfuração – densidade, viscosidade, composição básica
- Perfil litológico e profundidade dos diferentes extratos
- Profundidades de entrada de água (posição das secções filtrantes) ou de fraturas (quando no basalto) e ainda de perdas de circulação
- Perfilagens realizadas e perfil composto e perfil de avanço, com conceitos de dureza da rocha, tempo de avanço
- Características dos materiais empregados no poço – tubulação e filtros, informando diâmetros, tipo, espessura, quantidades, tipo e abertura de filtros, posição instalada.
- Cimentações realizadas – tipo, profundidade e quantidade aplicada.
- Operações de limpeza e desenvolvimento aplicadas – método utilizado e uso e aplicação de produtos químicos e ainda o tempo demandado em cada operação.
- Teste de Vazão realizado – equipamento utilizado, profundidade de instalação, tempo de cada etapa, registro de produção e dos níveis durante todo o teste, equipamento utilizado para medição e observações sobre presença e quantidade de areia, bem como de eventuais mudanças de qualidade de água
- Temperatura e pH da água – ambiente e do poço – ao inicio e ao término do teste.
- Análises físico químicas com obtenção dos parâmetros mínimos indicados no quadro em anexo e análise bacteriológica. Informações de

9 INFORME DE PERFORACIÓN

La información que deberá constar en un informe final de construcción de pozo, sea él de explotación o igualmente de monitoreo e investigación, se indica a continuación:

- *Ubicación del pozo, informando las coordenadas geográficas, (en base a UTM o WGS84), cota de terreno y otros datos como Calle, Ciudad, Estado, Provincia o Departamento, Cuenca y Sub-cuenca Hidrográfica.*
- *Propietario del pozo y con derecho de uso del pozo – responsable legal por la autorización de extracción*
- *Responsable por la concesión de extracción y uso del pozo y finalidad de uso del agua.*
- *Responsable por el proyecto y especificaciones técnicas.*
- *Empresa perforadora.*
- *Método de perforación y equipos utilizados.*
- *Diámetros de perforación y sistemas de muestreo.*
- *Características del fluido de perforación – densidad, viscosidad, composición básica.*
- *Perfil litológico y profundidad de los diferentes estratos.*
- *Profundidades de entrada de agua (posición de las secciones filtrantes) o de fracturas (cuando es en basalto) y también de pérdidas de lodo (de circulación).*
- *Perfilajes realizados y perfil compuesto y perfil de avance, indicando dureza de roca, tiempo de avance.*
- *Características de los materiales empleados en el pozo – tuberías y filtros, informando diámetro, tipo, espesor, cantidades, tipo de abertura de filtros, posición instalada.*
- *Cimentaciones realizadas – tipo, profundidad y cantidad aplicada.*
- *Operaciones de limpieza y desarrollo realizadas – método utilizado y uso y aplicación de productos químicos, y aún el tiempo demandado en cada operación.*
- *Ensayo de caudal realizado – equipamiento utilizado, profundidad de instalación, tiempo de cada etapa, registro de la producción y de los niveles durante todo el ensayo, equipamiento utilizado para medición y observaciones sobre presencia y cantidad de arena, así como de eventuales cambios en la calidad de agua.*
- *Temperatura y pH del agua, ambiente y del pozo, al inicio y al término del ensayo.*

análises in situ como Ferro, cloretos e outros executados.

- Dados da Desinfecção aplicada
- Análise e interpretação dos ensaios de vazão e indicação das condições adequadas de exploração – profundidade de equipamentos e recomendações
- Indicação do Responsável Técnico pela Perfuração e pela avaliação do resultado e indicação das condições de exploração do poço.

- *Análisis físico-químico con obtención de parámetros mínimos indicado en el cuadro en anexo y análisis bacteriológico. Información de análisis in situ como hierro, cloruros y otros realizados.*
- *Datos de desinfección aplicada.*
- *Análisis e interpretación de los ensayos de caudal e indicación de las condiciones adecuadas de explotación – profundidad de equipos y recomendaciones.*
- *Indicación del responsable técnico por la perforación y por la evaluación del resultado e indicación de las condiciones de explotación del pozo.*

10 DISPOSITIVOS LEGAIS (PAÍSES)

10.1 Legislações Relacionadas aos Recursos Hídricos na ARGENTINA

Acuerdo Federal del Agua - Acta Constitutiva del COHIFE
Buenos Aires, 17 de septiembre de 2003
http://www.sg-guarani.org/index/pdf/gestion_integrada_del_agua/legisla/ar/AcuerdoFederalDelAgua-ActaConstitutivaDelCOHIFE.pdf

10.1.1 Provincia de Corrientes

Decreto Ley Nº 191/01
Corrientes, 28 de noviembre de 2001
http://www.icaa.gov.ar/Documentos/Ingenieria/Codigo_Aguas_Ley191_01.pdf

Decreto Ley Nº 212
Corrientes, 6 de diciembre de 2001
http://www.sg-guarani.org/index/pdf/gestion_integrada_del_agua/legisla/ar/Corrientes_DecretoLey19101.pdf

10.1.2 Provincia de Entre Ríos

Ley 9172 y Decreto 3413/98
http://hidricos.obraspublicas.gov.ar/marco_legal.htm

10.1.3 Provincia de Misiones

Ley 1838, Ley de Aguas
Posadas, 28 de julio de 1983

10 DISPOSICIONES LEGALES (PAÍSES)

10.1 Legislaciones Relacionadas a los Recursos Hídricos en ARGENTINA

Acuerdo Federal del Agua - Acta Constitutiva del COHIFE
Buenos Aires, 17 de septiembre de 2003
http://www.sg-guarani.org/index/pdf/gestion_integrada_del_agua/legisla/ar/AcuerdoFederalDelAgua-ActaConstitutivaDelCOHIFE.pdf

10.1.1 Provincia de Corrientes

Decreto Ley Nº 191/01
Corrientes, 28 de noviembre de 2001
http://www.icaa.gov.ar/Documentos/Ingenieria/Codigo_Aguas_Ley191_01.pdf

Decreto Ley Nº 212
Corrientes, 6 de diciembre de 2001
http://www.sg-guarani.org/index/pdf/gestion_integrada_del_agua/legisla/ar/Corrientes_DecretoLey19101.pdf

10.1.2 Provincia de Entre Ríos

Ley 9172 y Decreto 3413/98
http://hidricos.obraspublicas.gov.ar/marco_legal.htm

10.1.3 Provincia de Misiones

Ley 1838, Ley de Aguas
Posadas, 28 de julio de 1983

http://www.sg-guarani.org/index/pdf/gestion_integrada_del_agua/legisla/ar/Misiones_Ley1838.pdf

10.2 Legislações Relacionadas aos Recursos Hídricos no BRASIL

Decreto N° 24.643, Código de Águas
10 de julho de 1934
http://www.lei.adv.br/24643-34.htm

Lei Nº 9.433, Política Nacional de Recursos Hídricos,
Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
8 de janeiro de 1997
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm

Lei No 9.984,
Criação da Agência Nacional de Águas – ANA
17 de julho de 2000
http://www.riob.org/ag2000/lei-no_9-984_ANA.htm

10.2.1 Conselho Nacional de Recursos Hídricos

http://www.cnrh-srh.gov.br/

Decreto Nº 4.613,
Regulamenta el Conselho Nacional de Recursos Hídricos,
11 de março de 2003
http://www.sg-guarani.org/index/pdf/gestion_integrada_del_agua/legisla/br/cnrh/Decreto4613_ReglamentoCNRH.pdf

Resolução Nº 15, 11 de janeiro de 2001
http://www.sg-guarani.org/index/pdf/gestion_integrada_del_agua/legisla/br/cnrh/res15_CNRH.pdf

Resolução Nº 22, 24 de maio de 2002
http://www.sg-guarani.org/index/pdf/gestion_integrada_del_agua/legisla/br/cnrh/res22_CNRH.pdf

Resolução Nº 29, 11 de dezembro de 2002
http://www.sg-guarani.org/index/pdf/gestion_integrada_del_agua/legisla/br/cnrh/res29_CNRH.pdf

10.2.2 Estado de Goiás

http://www.semarh.go-ias.gov.br/

Legislação Estadual de Recursos Hídricos
Lei Nº 13.123

http://www.sg-guarani.org/index/pdf/gestion_integrada_del_agua/legisla/ar/Misiones_Ley1838.pdf

10.2 Legislaciones Relacionadas a los Recursos Hídricos en BRASIL

Decreto N° 24.643, Código de Águas
10 de julho de 1934
http://www.lei.adv.br/24643-34.htm

Lei Nº 9.433, Política Nacional de Recursos Hídricos,
Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
8 de janeiro de 1997
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm

Lei No 9.984,
Criação da Agência Nacional de Águas – ANA
17 de julho de 2000
http://www.riob.org/ag2000/lei-no_9-984_ANA.htm

10.2.1 Conselho Nacional de Recursos Hídricos

http://www.cnrh-srh.gov.br/

Decreto Nº 4.613,
Regulamenta el Conselho Nacional de Recursos Hídricos,
11 de março de 2003
http://www.sg-guarani.org/index/pdf/gestion_integrada_del_agua/legisla/br/cnrh/Decreto4613_ReglamentoCNRH.pdf

Resolução Nº 15, 11 de janeiro de 2001
http://www.sg-guarani.org/index/pdf/gestion_integrada_del_agua/legisla/br/cnrh/res15_CNRH.pdf

Resolução Nº 22, 24 de maio de 2002
http://www.sg-guarani.org/index/pdf/gestion_integrada_del_agua/legisla/br/cnrh/res22_CNRH.pdf

Resolução Nº 29, 11 de dezembro de 2002
http://www.sg-guarani.org/index/pdf/gestion_integrada_del_agua/legisla/br/cnrh/res29_CNRH.pdf

10.2.2 Estado de Goiás

http://www.semarh.go-ias.gov.br/

Legislação Estadual de Recursos Hídricos
Lei Nº 13.123

http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/goias.html

Política Estadual de Recursos Hídricos
16 de julho de 1997
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050815142849.pdf

Lei Nº14.475, Criação da Agência Goiana de Águas
16 de julho de 2003
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050815142944.pdf

10.2.3 Estado de Mato Grosso

http://www.sema.mt.gov.br/

Legislação Estadual de Recursos Hídricos
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/matgro.html

Lei Nº 6.945,
Política Estadual de Recursos Hídricos
5 de novembro de 1997
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050815143141.pdf

Decreto Nº 3.952,
06 de março de 2002
http://www.sg-guarani.org/index/pdf/gestion_integrada_del_agua/legisla/br/mt/Decreto3952_06-03-2002.pdf

10.2.4 Estado de Mato Grosso do Sul

http://www.sema.ms.gov.br/

Legislação Estadual de Recursos Hídricos
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/matsul.html

Lei Nº 2.406,
Política Estadual de Recursos Hídricos
29 de janeiro de 2002
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050815145706.pdf

Decreto N° 11.621,
Regulamenta o Conselho Estadual de Recursos Hídricos
1° de junho de 2004
http://www.sg-guarani.org/index/pdf/gestion_integrada_del_agua/legisla/br/ms/Decreto11621_01-06-2004.pdf

http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/goias.html

Política Estadual de Recursos Hídricos
16 de julho de 1997
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050815142849.pdf

Lei Nº14.475, Criação da Agência Goiana de Águas
16 de julho de 2003
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050815142944.pdf

10.2.3 Estado de Mato Grosso

http://www.sema.mt.gov.br/

Legislação Estadual de Recursos Hídricos
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/matgro.html

Lei Nº 6.945,
Política Estadual de Recursos Hídricos
5 de novembro de 1997
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050815143141.pdf

Decreto Nº 3.952,
06 de março de 2002
http://www.sg-guarani.org/index/pdf/gestion_integrada_del_agua/legisla/br/mt/Decreto3952_06-03-2002.pdf

10.2.4 Estado de Mato Grosso do Sul

http://www.sema.ms.gov.br/

Legislação Estadual de Recursos Hídricos
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/matsul.html

Lei Nº 2.406,
Política Estadual de Recursos Hídricos
29 de janeiro de 2002
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050815145706.pdf

Decreto N° 11.621,
Regulamenta o Conselho Estadual de Recursos Hídricos
1° de junho de 2004
http://www.sg-guarani.org/index/pdf/gestion_integrada_del_agua/legisla/br/ms/Decreto11621_01-06-2004.pdf

Lei Nº 2.995,
19 de maio de 2005
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20051020102121.pdf

10.2.5 Estado de Minas Gerais

http://www.igam.mg.gov.br/

Legislação Estadual de Recursos Hídricos
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/minas.html

Lei Nº 13.199,
Política Estadual de Recursos Hídricos
29 de janeiro de 1999
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050815144033.pdf

10.2.6 Estado de Paraná

http://www.pr.gov.br/meioambiente/sema/index.shtml

Legislação Estadual de Recursos Hídricos
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/paran.html

Lei Nº 12.726,
Política Estadual de Recursos Hídricos
26 de novembro de 1999
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050817143043.pdf

10.2.7 Estado de Rio Grande do Sul

http://www.sema.rs.gov.br/

Legislação Estadual de Recursos Hídricos
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/rgsul.html

Lei Nº 10.350,
Política Estadual de Recursos Hídricos
30 de dezembro de 1994
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050818125152.pdf

Lei Nº 11.560,
22 de dezembro de 2000
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050818125852.pdf

Lei Nº 2.995,
19 de maio de 2005
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20051020102121.pdf

10.2.5 Estado de Minas Gerais

http://www.igam.mg.gov.br/

Legislação Estadual de Recursos Hídricos
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/minas.html

Lei Nº 13.199,
Política Estadual de Recursos Hídricos
29 de janeiro de 1999
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050815144033.pdf

10.2.6 Estado de Paraná

http://www.pr.gov.br/meioambiente/sema/index.shtml

Legislação Estadual de Recursos Hídricos
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/paran.html

Lei Nº 12.726,
Política Estadual de Recursos Hídricos
26 de novembro de 1999
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050817143043.pdf

10.2.7 Estado de Rio Grande do Sul

http://www.sema.rs.gov.br/

Legislação Estadual de Recursos Hídricos
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/rgsul.html

Lei Nº 10.350,
Política Estadual de Recursos Hídricos
30 de dezembro de 1994
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050818125152.pdf

Lei Nº 11.560,
22 de dezembro de 2000
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050818125852.pdf

Lei Nº 11.685,
08 de novembro de 2001
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050818130809.pdf

10.2.8 Estado de Santa Catarina

http://www.sds.sc.gov.br/

Legislação Estadual de Recursos Hídricos
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/stcata.html

Lei Nº 9.784,
Política Estadual de Recursos Hídricos
30 de novembro de 1994
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050818153454.pdf

10.2.9 Estado de São Paulo

http://www.daee.sp.gov.br/

Legislação Estadual de Recursos Hídricos
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/sp.html

Lei Nº 7.663,
Política Estadual de Recursos Hídricos
30 de dezembro de 1991
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050818182337.pdf

Decreto Nº 41.258,
Outorga de Direitos de Uso dos Recursos Hídricos
31 de outubro de 1996
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050818182800.pdf

Lei 6134/88 ,
2 de junho de 1988
Dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo, e dá outras providências
http://www.daee.sp.gov.br/legislacao/index.htm

Decreto nº 32.955,
07 de fevereiro de 1991
Regulamenta a Lei nº 6.134, de 2 de junho de 1988
http://www.daee.sp.gov.br/legislacao/index.htm

Portaria DAEE 717/96,
12 de dezembro de 1996

Lei Nº 11.685,
08 de novembro de 2001
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050818130809.pdf

10.2.8 Estado de Santa Catarina

http://www.sds.sc.gov.br/

Legislação Estadual de Recursos Hídricos
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/stcata.html

Lei Nº 9.784,
Política Estadual de Recursos Hídricos
30 de novembro de 1994
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050818153454.pdf

10.2.9 Estado de São Paulo

http://www.daee.sp.gov.br/

Legislação Estadual de Recursos Hídricos
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/sp.html

Lei Nº 7.663,
Política Estadual de Recursos Hídricos
30 de dezembro de 1991
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050818182337.pdf

Decreto Nº 41.258,
Outorga de Direitos de Uso dos Recursos Hídricos
31 de outubro de 1996
http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/estados/doc/20050818182800.pdf

Lei 6134/88 ,
2 de junho de 1988
Dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo, e dá outras providências
http://www.daee.sp.gov.br/legislacao/index.htm

Decreto nº 32.955,
07 de fevereiro de 1991
Regulamenta a Lei nº 6.134, de 2 de junho de 1988
http://www.daee.sp.gov.br/legislacao/index.htm

Portaria DAEE 717/96,
12 de dezembro de 1996

Aprova a Norma e os Anexos de I a XVIII que disciplinam o uso dos recursos hídricos
http://www.daee.sp.gov.br/legislacao/index.htm

Deliberação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos sobre áreas de restrição do uso das águas subterrâneas:
DEL/CRH Nº 052,
15 de abril de 2005
Institui no âmbito do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SIGRH diretrizes e procedimentos para a definição de áreas de restrição e controle da captação e uso das águas subterrâneas.
http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/sigrh_home_colegiado.exe?colegiado=CRH&TEMA=DELIBERACAO

10.3 Legislações Relacionadas aos Recursos Hídricos no PARAGUAI

Ley No. 1561/00,
Crea el Sistema Nacional del Ambiente, el Consejo Nacional del Ambiente y
la Secretaría del Ambiente
http://www.seam.gov.py/s_getfile.php?typ=12&id=1140621571

Secretaría del Ambiente
Presidencia de la República
http://www.seam.gov.py/legislaciones.php

10.4 Legislações Relacionadas aos Recursos Hídricos no URUGUAI

Ley No. 14.859,
Código de Aguas
15 de diciembre de 1978
http://www.parlamento.gub.uy/Leyes/Ley14859.htm

Decreto Poder Ejecutivo Nº 214/000
http://www.freplata.org/documentos/archivos/Documentos_Freplata/inventario/Inventario%20Freplata/UY_seccion%20II.2/U.II.2.D.2.pdf

Decreto Poder Ejecutivo Nº 86/004
http://www.sugeologia.org/publicaciones/documentos/norm_pozo.htm

Aprova a Norma e os Anexos de I a XVIII que disciplinam o uso dos recursos hídricos
http://www.daee.sp.gov.br/legislacao/index.htm

Deliberação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos sobre áreas de restrição do uso das águas subterrâneas:
DEL/CRH Nº 052,
15 de abril de 2005
Institui no âmbito do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SIGRH diretrizes e procedimentos para a definição de áreas de restrição e controle da captação e uso das águas subterrâneas.
http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/sigrh_home_colegiado.exe?colegiado=CRH&TEMA=DELIBERACAO

10.3 Legislaciones Relacionadas a los Recursos Hídricos en PARAGUAY

Ley No. 1561/00,
Crea el Sistema Nacional del Ambiente, el Consejo Nacional del Ambiente y
la Secretaría del Ambiente
http://www.seam.gov.py/s_getfile.php?typ=12&id=1140621571

Secretaría del Ambiente
Presidencia de la República
http://www.seam.gov.py/legislaciones.php

10.4 Legislaciones Relacionadas a los Recursos Hídricos en URUGUAY

Ley No. 14.859,
Código de Aguas
15 de diciembre de 1978
http://www.parlamento.gub.uy/Leyes/Ley14859.htm

Decreto Poder Ejecutivo Nº 214/000
http://www.freplata.org/documentos/archivos/Documentos_Freplata/inventario/Inventario%20Freplata/UY_seccion%20II.2/U.II.2.D.2.pdf

Decreto Poder Ejecutivo Nº 86/004
http://www.sugeologia.org/publicaciones/documentos/norm_pozo.htm

11 OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE POÇOS

Embora este manual de perfuração não contemple a questão da OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE POÇOS, estamos inserindo um breve relato a respeito do tema, já que, usualmente se observa que uma vez construída, a unidades de exploração é literalmente deixada de lado e somente se torna objeto de preocupação quando de situações emergenciais como paralização de funcionamento.

11.1 Operação

11.1.1. Definição básica de operação de poços

Consiste num conjunto de atividades que, uma vez observadas, permitirá o acompanhamento da vida útil do poço, tanto no que diz respeito a sua produção, quanto a eficiência do sistema constituído pelo poço propriamente dito, o aqüífero e o sistema de bombeamento.

O monitoramento de uma unidade de produção pode se dar de maneira manual ou automática, na dependência dos recursos disponíveis em termos de registro e transmissão de informações.

11.1.2. Informações que deverão ser registradas

Usualmente são objetos de registro diário, semanal, mensal ou mesmo em períodos maiores, (semestre ou ano), os seguintes parâmetros:

- Produção em m³/hora
- Pressão na saída do poço
- Nível Estático e Dinâmico
- Nível de cloro e flúor (quando se tratar de águas de abastecimento público)
- Tempo de funcionamento dia
- Leituras de consumo de energia e dos parâmetros envolvidos (tensão, amperagem etc.)
- Coleta e análise periódica de água do poço, segundo os padrões indicados pelos órgãos gestores de recursos hídricos.

11.1.3. Planejamento e controle operacional

O planejamento e controle operacional de sistemas de abastecimento de água, através de poços tubulares profundos têm por objetivos:

- Otimização do sistema, objetivando uma produção a menor custo;

11 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE POZOS

Aunque éste manual de perforación no contempla la OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE POZOS, se presenta un breve relato respecto de éste tema, ya que, usualmente se observa que una vez construidas las unidades de explotación son literalmente dejadas de lado, y solamente se tornan objeto de preocupación cuando aparecen situaciones de emergencia, como paralización del funcionamiento.

11.1 Operación

11.1.1 Definición básica de operación de pozos

Consiste en un conjunto de actividades que, una vez observadas, permitirá el acompañamiento de la vida útil del pozo, tanto en lo que respecta a su producción como a la eficiencia del sistema constituido por el pozo propiamente dicho, el acuífero y el equipo de bombeo.

El monitoreo de una unidad de producción se puede hacer de manera manual o automática, dependiendo de los recursos disponibles en términos de registro y transmisión de información.

11.1.2 Información que debe ser registrada

Usualmente son objeto de registro diario, semanal, mensual o en períodos mayores (semestre o año), los siguientes parámetros:

- *Producción en m³/hora*
- *Presión a la salida del pozo*
- *Nivel Estático y Dinámico*
- *Nivel de Cloro y Flúor (cuando se trata de agua para abastecimiento público)*
- *Tiempo de funcionamiento diario*
- *Lecturas de consumo de energía y de los parámetros involucrados (tensión, amperaje, etc.)*
- *Colecta y análisis periódico de agua del pozo, según patrones indicados por los organismos gestores de recursos hídricos*

11.1.3 Planificación y control operacional

La planificación y control operacional de sistemas de abastecimiento de agua, a través de pozos tubulares profundos tiene por objetivo:

- *Optimización del sistema, con el objetivo de una producción a menos costo*

- Redução de intervenções emergenciais
- Planejamento de substituições e redução do risco
- Obtenção de melhor condição de funcionamento com aumento da eficiência do sistema como um todo

11.2 Manutenção de poços

Em vista dos parâmetros observados na operação dos poços, será possível se efetuar intervenções programadas nos poços, de tal maneira que se reduzirá os custos diretos e indiretos de tal procedimento.

Uma intervenção programada permitirá uma atuação direta na questão central do que estiver ocasionando uma perda de eficiência do sistema.

Assim, os indicadores observados no monitoramento, deverão possibilitar a intervenção no conjunto ou parte dele, quando e onde for desejável para o usuário do sistema.
A intervenção poderá ocorrer isoladamente no poço, no conjunto de bombeamento e ainda no próprio aqüífero.

Para cada situação os indicadores obtidos e registrados durante a operação permitirão a identificação da provável causa e das soluções que poderão ser adotadas, bem como de ferramental mais adequado a cada caso.

Situações decorrentes de problemas em equipamento de bombeamento são as mais freqüentes e em nível de gravidade podem decorrer de problemas de incrustação, corrosão, produção de areia, produção de pré-filtro, assoreamento etc.

Não entraremos em detalhe neste manual sobre as principais causas e efeitos bem como sobre os métodos convencionais ou não mais utilizados nos procedimentos de manutenção, por merecerem um capítulo a parte.

Em resumo, a observação que se deve fazer é de que um poço deve ser permanentemente monitorado, assim como qualquer outra unidade de produção de água (seja fonte, tomada e estação de tratamento de água etc). O fato de o poço ocupar local de pequena dimensão acaba por fazer com o mesmo fique «escondido» dos responsáveis, e não em poucas vezes se trata de uma área que acaba «virando» espaço de guarda de materiais, inclusive alguns de alto risco para o poço e o sistema que ali funciona (caso de reservatórios de combustíveis, defensivos agrícolas e outros).

- *Reducción de las intervenciones de emergencia*
- *Planificación de sustitución y reducción de riesgo*
- *Obtención de mejor condición de funcionamiento con aumento de la eficiencia del sistema como un todo*

11.2 Mantenimiento de pozos

Considerando los parámetros observados en la operación de los pozos, será posible efectuar intervenciones programadas en los mismos, de tal manera que se reduzcan los costos directos e indirectos de tal procedimiento.

Una intervención programada permitirá una actuación directa sobre lo que estuviera ocasionando una pérdida de eficiencia del sistema.

Así, los indicadores observados en el monitoreo, deberán posibilitar la intervención en el conjunto o parte de él, cuando y donde fuera deseable para el usuario del sistema. La intervención podrá ocurrir aisladamente en el pozo, en el conjunto de bombeo y aún en el propio acuífero.

Para cada situación los indicadores obtenidos y registrados durante la operación, permitirán la identificación de la probable causa y de las soluciones que podrán ser adoptadas, así como de herramientas más adecuadas para cada caso.

Situaciones resultantes de problemas en el equipo de bombeo son las más frecuentes, y en nivel de gravedad pueden ocurrir problemas de incrustación, corrosión, producción de arena, producción de pre-filtro, obstrucciones, etc.

No se detallará en este manual sobre las principales causas y efectos, ni tampoco sobre los métodos convencionales o más utilizados de mantenimiento, por merecer un capítulo aparte.

En resumen, la observación que se debe hacer es que un pozo debe ser permanentemente monitoreado, así como cualquier otra unidad de producción de agua (sea fuente, tomade agua o estación de tratamiento de agua, etc.). El hecho de que el pozo ocupe un lugar de pequeña dimensión, produce que el mismo quede «escondido» de los responsables, y no pocas veces se trata de un área que acaba siendo destinada a guardar materiales, inclusive algunos de alto riesgo para el pozo (como por ejemplo almacenamiento de combustibles, productos químicos agrícolas y otros).

11.3 Abandono de Poços

11.3.1. Considerações Gerais

Como qualquer obra de engenharia, poços também têm uma vida útil, a qual poderá ser alterada em função de má operação, falta de manutenção, desgaste prematuro dos seus componentes, incrustação ou corrosão provocada por processos químicos resultantes da qualidade da água produzida.

Hoje em dia, salvo quando do momento imediato ao da construção, abandonam-se poços geralmente por desgaste da secção filtrante ou por danos outros que tornam a condição de sua recuperação extremamente onerosa e de baixa probabilidade de êxito. Quaisquer que sejam as causas, simples ou associadas, pode-se afirmar que ainda hoje a condição de operação inadequada deve responder pela maior parte dos problemas que acarretam uma redução na vida útil de um poço. Assim, é que no capítulo anterior se procurou destacar a importância da operação e manutenção de poços, que de certa maneira merece um destaque maior e específico.

Considera-se ainda que diante do elevado custo para se perfurar um novo poço, geralmente tenta-se recuperá-lo, mesmo que isto possa acarretar uma redução da capacidade de produção do mesmo.

É exatamente nestas situações que se observa que em não havendo sucesso na recuperação do poço, usualmente o mesmo é abandonado sem que qualquer outra providência seja adotada. As providências a que se refere decorrem não somente da necessidade de se preservar a estrutura para que não ocorra nenhum acidente com pessoa ou animal que por ali transite, e também com o objetivo de preservar a qualidade físico química das águas subterrâneas naquele espaço.

Um poço bem construído geralmente é dotado de um revestimento de superfície, chamado tubo de boca, o qual protege toda a estrutura do poço e também o próprio aqüífero, contra a infiltração de água servida e outros eventos. Uma vez considerando-se esta proteção superficial e externa resta apenas aplicar um tampão de cimento (nata de cimento) no topo da zona produtora ou mesmo em outras partes do poço, de tal forma que se evite não somente a possibilidade de se introduzir qualquer líquido ou sólido no poço, como também de se evitar que haja uma interligação de camadas produtoras que possam conter fluídos com diferenças de teor salino ou qualquer outro componente químico (e até físico – no caso de variação de temperatura).

11.3 Abandono de pozos

11.3.1 Consideraciones generales

Como cualquier obra de ingeniería, los pozos también tienen una vida útil, la cual podrá ser alterada en función de una mala operación, falta de mantenimiento, desgaste prematuro de sus componentes, incrustación o corrosión provocada por procesos químicos resultantes de la calidad de agua producida.

Hoy en día, salvo en el momento inmediato al de construcción, se abandonan pozos generalmente por desgaste de la sección filtrante o por otros daños que vuelven la recuperación extremadamente onerosa y de baja probabilidad de éxito. Cualquiera que sean las causas, simples o asociadas, se puede afirmar que aún hoy la condición de operación inadecuada debe responder por la mayor parte de los problemas que llevan a una reducción de la vida útil de un pozo. Por ello, fue que en el capítulo anterior se destacó la importancia de la operación y mantenimiento de pozos, que de cierta manera merece un destaque mayor y específico.

Se considera que debido al elevado costo para perforar un pozo nuevo, generalmente se trata de recuperarlo, aún cuando esto acarree una reducción de la capacidad de producción del mismo.

Es exactamente en estas situaciones que se observa que no habiendo éxito en la recuperación del pozo usualmente es abandonado, sin que se tomen los recaudos del caso. Las actividades a las que se refiere resultan no solamente de la necesidad de preservar la estructura para que no ocurra ningún accidente con persona u animal que por allí transite, también con el objetivo de preservar la calidad físico química de las aguas subterráneas en aquel espacio.

Un pozo bien construido generalmente es dotado de un revestimiento de superficie, llamado tubo de boca, el cual protege toda la estructura del pozo y también el acuífero, contra la infiltración de agua servida y otros incidentes. Una vez considerada esta protección superficial y externa resta apenas aplicar un tapón de cemento en la parte superior de la zona productora o inclusive en otras partes del pozo, de tal forma que se evite no solamente la posibilidad de introducir cualquier líquido o sólido en el pozo, así como evitar que haya una interconexión de estratos productores que puedan contener fluidos con diferentes tenores salinos o cualquier otro componente químico (y hasta físico - en el caso de variación de temperatura).

A recomendação é de que, sempre que se concluir pela inutilização de um poço, seja logo após sua construção ou ao longo de sua vida, que se proceda ao seu tamponamento, de tal maneira que se atinja as condições mínimas de:

a) Impedir que seja colocado qualquer produto no seu interior
b) Impedir a movimentação do fluído de uma zona produtora para outra.

11.3.2. Roteiro para o tamponamento de um poço

Neste item é sugerido um roteiro básico, que no entanto deverá ser sempre adequado as condições de cada local, considerando-se as características construtivas de cada poço, do aqüífero explorado, do nível potenciométrico, etc.

Em qualquer condição, a recomendação básica é de se procurar reproduzir o que havia antes da perfuração. O procedimento deve objetivar atingir o mais próximo possível a situação que antecedeu a perfuração do poço, até mesmo com materiais de características semelhantes ao das formações perfuradas. Assim se recomenda a utilização de material arenoso, predominantemente quartzoso quando do preenchimento do espaço penetrado no aqüífero Guarani (ou outras formações sedimentares arenosas) ou ainda com brita de basalto (quando do preenchimento do espaço existente nesta formação).

Como um check list do que se deve observar nestes casos, estaria portanto não somente o próprio poço, mas também o seu entorno, as construções ali existentes, os riscos de passivo ambiental tais como postos de gasolina, depósitos de produtos químicos, fertilizantes e defensivos agrícolas, lixo e aterros etc. Considera-se importante as condições do próprio aqüífero explorado (profundidade, espessura, tipo de filtro aplicado, potenciometria, qualidade físico química da água etc).

A avaliação correta destas variáveis é que possibilitará uma indicação dos procedimentos a serem adotados no tamponamento do poço.

Outros pontos a serem considerados no processo de tamponamento:

a) Quanto à profundidade da cimentação
a 1 – recomenda-se o preenchimento com o material selecionado (areia ou brita) até a profundidade correspondente a cota da base da coluna de tubos que constituem o revestimento superficial (tubo de boca) menos 10 e 20 metros, respectivamente para poços perfurados em rochas sedimentares e rochas fisuradas

La recomendación es que, siempre que se decida la inutilización de un pozo, sea posterior a su construcción o a lo largo de su vida, que se proceda a su taponamiento, de manera tal que se consigan las condiciones mínimas:

a) Impedir que sea colocado cualquier producto en su interior
b) Impedir el movimiento de fluido de una zona productora hacia otra

11.3.2 Rutina para el taponamiento de un pozo

En este ítem es sugerida una rutina básica, que no obstante, deberá ser siempre adecuada a las condiciones de cada lugar, considerándose las características constructivas de cada pozo, del acuífero explotado, del nivel piezométrico, etc.

En cualquier condición, la recomendación básica es la de tratar de reproducir lo que existía antes de la perforación. El procedimiento debe tener como objetivo lograr las condiciones más próximas posibles a la situación que antecedía a la construcción del pozo, hasta mismo con materiales de características semejantes a los de las formaciones perforadas. Por tanto, se recomienda la utilización de material arenoso, predominantemente cuarzoso para el relleno del espacio penetrado en el acuífero Guaraní (u otras formaciones sedimentarias arenosas), o aún con basalto molido (para rellenar el espacio existente en esta formación).
Como lista de chequeo de lo que se debe observar en estos casos, estaría no solo el propio pozo, sino también su entorno, las construcciones allí existentes, los elementos de riesgo de pasivo ambiental tales como puestos de gasolina, depósitos de productos químicos, fertilizantes y pesticidas agrícolas, basura y rellenos, etc. Se considera importante respetar las condiciones del propio acuífero explotado (profundidad, espesor, tipo de filtro colocado, piezometría, calidad físico química del agua).

La evaluación correcta de estas variables es lo que posibilita una indicación de los procedimientos a ser adoptados en el taponamiento del pozo.

Otros puntos a ser considerados en el proceso de taponamiento:

a) Profundidad de cementación
a1 – Se recomienda el relleno con el material seleccionado (arena o pedregullo) hasta la profundidad correspondiente a la cota de base de la columna de tubos que constituyen el revestimiento superficial (tubo de boca) menos 10 y 20 metros para pozos perforados en rocas sedimentarias y fisuradas respectivamente.

a 2 – desta cota até o topo, recomenda-se a aplicação de uma nata de cimento, que poderá ser a base de cimento + água, ou mesmo incorporar partes de bentonita a mistura.

b) Quanto aos materiais a serem utilizados. Na inexistência de uma regra definitiva para o processo, tem sido sugerido a aplicação de materiais impermeáveis. No entanto, a prática tem possibilitado e mostrado que a utilização de materiais que reproduzem as condições iniciais favorecem o processo do tamponamento. Assim,

b 1 – em qualquer caso, tanto a areia quanto a brita deverão ser previamente lavadas com solução a base de hipoclorito de sódio (ou outro composto).

b 2 – recomenda-se a aplicação de uma nata de cimento obtida com a mistura de 22 a 27 litros de água por saco de cimento.

b 3 – Quando da utilização de bentonita, a sugestão é de efetuar a mistura de 1,5 a 2,7 kg por saco de cimento. Recomenda-se ainda que inicialmente se prepare à mistura de bentonita com água e posteriormente se adicione o cimento. A aplicação de bentonita objetiva melhorar a fluidez da pasta, manter as partículas de cimento em suspensão e reduzir a contração durante a «pega do cimento».

a2 – Desde esta cota hasta la parte superior, se recomienda la aplicación de una pasta de cemento, que podrá ser a base de cemento y agua, o inclusive incorporar partes de bentonita a la mezcla.

b) En cuanto a los materiales a ser utilizados. No existe una regla definitiva para el proceso, pero han sido sugeridos la aplicación de materiales impermeables. No obstante, la práctica ha posibilitado y mostrado que la utilización de materiales que reproducen las condiciones iniciales que favorecen el procedimiento de taponamiento. Así,

b1 – en cualquier caso, tanto la arena como el pedregullo deberán ser previamente lavados con solución a base de hipoclorito de sodio (u otro compuesto).

b2 – se recomienda la aplicación de una pasta de cemento obtenida con la mezcla de 22 a 27 litros de agua por bolsa de cemento.

b3 – en cuanto a la utilización de bentonita, la sugerencia es la de efectuar la mezcla de 1.5 a 2.7 Kg. por bolsa de cemento. Se recomienda que inicialmente se prepare la mezcla de bentonita con agua y posteriormente se adicione el cemento. La aplicación de bentonita tiene por objetivo mejorar la fluidez de la pasta, mantener las partículas de cemento en suspensión y reducir la contracción durante el fraguado del cemento.

12 ROTEIRO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO DE PERFURAÇÃO E DE CONSTRUÇÃO DE UM POÇO PROFUNDO NO AQÜÍFERO GUARANI

Neste capítulo que poderia estar localizado no inicio da apresentação do trabalho, estamos sugerindo um «check list» do que consideramos importantes a ser considerado pelo projetista e pelo construtor de um poço. Observamos inclusive que as recomendações aqui apresentadas são válidas mesmo para situações de exploração de outros aqüíferos que não exclusivamente o caso do Aqüífero Guarani.

E um roteiro mínimo que deve ser visto e discutido em qualquer uma das fases – seja no momento de se definir e caracterizar o projeto do poço, seja da avaliação dos recursos materiais disponíveis, seja na questão da caracterização do fluído de perfuração ou já na etapa final do teste do poço e do aqüífero. Neste sentido procuramos elaborar esta lista de informações que deverão ser motivo de atenção por parte dos gestores e construtores.

12.1 Primeira Etapa

Caracterizar com precisão a questão das razões pela qual se projeta a construção de um poço
Nesta etapa se propõe conhecer e definir:

- Qual o tipo de empreendimento a ser atendido e o que se dispõe de informações a respeito das alternativas para atender a demanda projetada.
- Feita a avaliação entre as alternativas e definido que o empreendimento deva ser suprido com água subterrânea, deve-se caracterizar:
  a) Volume de água necessária ao atendimento do projeto
  b) Mapa Geológico/Hidrogeológico e modo de ocorrência do aqüífero;
  c) Características básicas regionais do aqüífero e dados de poços existentes na região, como indicador de potencialidade.

12.2 Segunda Etapa

É a que na seqüência procura caracterizar o projeto construtivo do poço tubular a ser implantado

Para a caracterização do projeto construtivo deve o projetista dispor de informações consistentes e boas a respeito das

12 RUTINA PARA ELABORACION DE PROYECTO DE PERFORACIÓN Y DE CONSTRUCCIÓN DE UN POZO PROFUNDO EN EL ACUÍFERO GUARANÍ

En este capítulo, que podría estar localizado al inicio del trabajo, estamos sugiriendo una lista de chequeo de lo que se considera importante para el proyectista y para el constructor de un pozo. Se observa inclusive que las recomendaciones aquí presentadas son válidas inclusive para situaciones de explotación de otros acuíferos, no exclusivamente para el caso del Acuífero Guaraní.

Es una rutina mínima que debe ser revisada y discutida en cualquiera de las fases, sea en el momento de definir y caracterizar el proyecto del pozo, sea de evaluar los recursos materiales disponibles, sea en la caracterización del fluido de perforación o ya en la etapa final del ensayo de pozo y de acuífero. En este sentido se pretende elaborar una lista de información que deberá ser motivo de atención por parte de los gestores y constructores.

12.1 Primera etapa. Razones para la construcción del pozo

En esta etapa se propone conocer y definir:

- *Cual es el tipo de emprendimiento y de que información se dispone al respecto de las alternativas para satisfacer la demanda proyectada*
- *Hecha la evaluación entre las alternativas y definido que el emprendimiento deba ser abastecido con agua subterránea, se debe caracterizar:*
  a) Volumen de agua necesario para satisfacer el proyecto
  b) Mapa geológico/hidrogeológico
  c) Características básicas regionales del acuífero y datos de pozos existentes en la región, como indicador de potencialidad.

12.2 Segunda etapa. Caracterizar el proyecto de pozo

Para la caracterización del proyecto constructivo debe el proyectista disponer de información consistente y buena al respecto de las características del acuífero en la zona a ser explotada. En esta etapa podrán ser necesarios los siguientes aspectos:

a) Conocer los aspectos geológicos predominantes de la región, bien como características

características do aqüífero no local a ser explorado. Nesta etapa poderão ser necessários os seguintes passos:

a) Conhecer os aspectos geológicos predominantes da região, bem como feições estruturais e a seqüência estratigráfica mais provável,
b) Utilizar como já indicado, todos os procedimentos para melhorar as informações – utilizando mapas detalhados, estudo e interpretação de imagens, mapas plani-altimétrticos e estudos geofísicos (sondagens e caminhamento elétrico, sísmica etc).
c) Caracterizar o aqüífero a ser explorado, a profundidade e espessura do mesmo, bem como outras informações como transmissividade regional,
d) Espessura e características das formações a serem atravessadas;
e) Nível estático estimado (ou ainda piezométrico ou potenciométrico)
f) Nível dinâmico esperado;
g) Câmara de bombeamento – diâmetro e profundidade que considerará não somente o que se pretende explorar do aqüífero, como também o que efetivamente é possível e recomendável e principalmente os recursos materiais disponíveis em termos de equipamentos de exploração do mesmo (suas características construtivas, diâmetros mínimos demandados, processos de instalação etc.).
h) O projetista indicará não somente a coluna estratigráfica provável, suas características como também os diâmetros de perfuração e da coluna de revestimento, a característica do fluído de perfuração, as perfilagens a serem executadas, bem como a metodologia de perfuração recomendada. Indicará ainda as características do maciço filtrante, dos procedimentos que deverão ser adotados por ocasião da instalação do mesmo e da operação de desenvolvimento. Deverá indicar também a metodologia a ser adotada para execução dos ensaios de produção do poço e recomendações outras de proteção ambiental e local da estrutura. Ao se definir os pontos enumerados, automaticamente se caracteriza também o tipo de equipamento e os recursos mínimos que o mesmo deverá conter, ainda que isto possa ser colocado como uma responsabilidade exclusiva do construtor.

Nesta etapa, deve o projetista submeter o seu trabalho ao órgão gerenciador de recursos hídricos que tem o poder para avaliar e autorizar ou não a execução da perfuração.

estructurales y la secuencia estratigráfica más probable

b) Utilizar, como ya fue indicado, todos los procedimientos para mejorar la información – utilizando mapas detallados, estudio e interpretación de imágenes, mapas plani-altimétricos y estudios geofísicos (sondeos y transectas eléctricas, sísmicas, etc.).
c) caracterizar el acuífero a ser explotado, la profundidad y espesor del mismo, así como otras informaciones como la transmisividad regional
d) Espesor y características de las formaciones a ser atravesadas
e) Nivel estático estimado (o aún piezométrico)
f) Nivel dinámico esperado
g) Cámara de bombeo – diámetro y profundidad que considerará no solo lo que se pretende explotar del acuífero, sino como también lo que efectivamente es posible y recomendable, y principalmente los recursos materiales disponibles en términos de equipamiento de explotación del mismo (sus características constructivas, diámetros mínimos demandados, procesos de instalación, etc.).
h) El proyectista indicará no solamente la columna estratigráfica probable, sus características como también los diámetros de perforación y de la columna de revestimiento, la característica de fluidos de perforación, los perfilajes a ser ejecutados, así como la metodología de perforación recomendada. Indicará aún las características del prefiltro, de los procedimientos que deberán ser adoptados por ocasión de instalación del mismo y de la operación de desarrollo. Deberá indicar también la metodología a ser adoptada para la ejecución de los ensayos de producción de pozo y otras recomendaciones de protección ambiental y local de la estructura. Al definirse los puntos enumerados, automáticamente se caracteriza también el tipo de equipamiento y los recursos mínimos que el mismo deberá tener, aún cuando esto pueda ser asignado como una responsabilidad exclusiva del constructor.

En esta etapa, debe el proyectista presentar su trabajo al organismo rector de recursos hídricos que tiene el poder para evaluar y autorizar o no la ejecución de la perforación.

12.3 Terceira Etapa

Consideramos aqui a etapa da perfuração propriamente dita, ou seja, aquela em que se inicia com o preparo do canteiro de serviço e a alocação de um equipamento compatível com o que se deseja construir.

Cabe considerar aqui as características do equipamento de perfuração

a) Capacidade mínima de perfuração
b) Capacidade mínima dos guinchos e da estrutura do equipamento compatível com a obra a ser implantada, com o peso das colunas que vão operar e da própria coluna de revestimento, observando-se sempre que esta capacidade deva ser tal que em situações excepcionais possa mesmo efetuar a remoção de uma coluna que durante a sua instalação apresente qualquer tipo de problema,
c) Dimensões do equipamento e do canteiro (vide lay out sugerido) e que deve ser proporcional não somente ao próprio equipamento como principalmente aos volumes que se irá perfurar e alojar no canteiro
d) Adequação da logística de atendimento a perfuração, tanto em termos de movimentação de equipamentos como de materiais que serão aplicados ao poço e principalmente da manutenção de um canteiro em condições de segurança adequada para seus operadores e para a estrutura como um todo.

12.4 Quarta etapa. Perfuração

Etapa – da perfuração propriamente dita

e) Uma vez que tudo esteja adequadamente preparado, se inicia a perfuração de acordo com as recomendações do projetista, que indica usualmente a perfuração do denominado poço de acesso (para instalação de tubo de boca ou de proteção sanitária).
f) Na seqüência, todos os procedimentos são adotados para se efetuar a perfuração, com o registro de todas as operações, substituições, anotação de tempo e diâmetro, coleta de amostras de calha etc.
g) Ao término dos trabalhos de construção do poço e da realização do ensaio de vazão, se provê o poço de toda a segurança possível, com tampa adequada (soldada ou com cadeado), laje de proteção etc.

12.3 Tercera etapa. Actividades previas a la perforación

Se considera aquí la etapa de perforación propiamente dicha, o sea, aquella en que se inicia con la preparación del obrador de servicio y la ubicación de un equipamiento compatible con lo que se desea construir.

Cabe considerar aquí las características del equipo de perforación

a) Capacidad mínima de perforación.
b) Capacidad mínima de los guinches y de la estructura del equipamiento compatible con la obra a ser implantada, con el peso de las columnas que van a operar y de la propia columna de revestimiento, observándose siempre que esta capacidad debe ser tal que en situaciones excepcionales pueda efectuar la remoción de una columna que durante su instalación presente cualquier tipo de problema.
c) Dimensiones del equipo y del obrador (ver el esquema sugerido) y que debe ser proporcional no solamente al propio equipo como principalmente a los volúmenes que se perforarán y alojar en él obrador.
d) Adecuación de la logística que atiende a la perforación, tanto en términos de movimientos de equipo como de materiales que serán aplicados al pozo, y principalmente de mantenimiento de un obrador en condiciones de seguridad adecuada para sus operadores y para la estructura como un todo.

12.4 Cuarta etapa. Perforación

Etapa de la perforación propiamente dicha.

e) Una vez que todo esté adecuadamente preparado, se inicia la perforación de acuerdo con las recomendaciones del proyectista, que indica usualmente la perforación del denominado pozo de acceso (para instalación del tubo de boca o de protección sanitaria).
f) En la secuencia, todos los procedimientos son adoptados para efectuar la perforación, como el registro de todas las operaciones, sustituciones, anotación de tiempo y diámetro, colecta de muestras en la zaranda, etc.
g) Al término de los trabajos de construcción del pozo y de la realización del ensayo de caudal, se provee al pozo de toda la seguridad posible, con tapa adecuada (soldada o con candado), sello de protección, etc.

De maneira geral, por estar já detalhado no corpo do manual, apenas e tão somente observamos aqui os pontos críticos do processo, quais sejam:

- Perfuração do poço de acesso – diâmetros e espessuras;
- Perfuração do arenito produtor – diâmetros e espessuras;
- Perfilagem elétrica – métodos e profundidades;
- Definição da coluna de produção – diâmetros e comprimentos;
- Instalação da coluna de produção - metodologia;
- Aplicação de pré-filtro – metodologia;
- Limpeza e desenvolvimento – métodos a utilizar;
- Teste de bombeamento com bomba;
- Coleta de amostra para análise físico-quimica;
- Relatório final consubstanciado.

Concluída a obra e de posse do relatório final, deve-se obter a licença de utilização do poço, (ou licença de outorga). Nesta ocasião, caberá novamente ao órgão gerenciador de recursos hídricos deliberar sobre, entre outros pontos da licença de outorga, a definição da taxa de exploração com que se poderá operar no poço.

De manera general por estar ya detallado en el cuerpo del manual, apenas y tan solamente observamos aquí los puntos críticos del proceso, los cuales son:

- *Perforación de pozo de acceso – diámetros y espesores:*
- *Perforación de arenisca productora – diámetros y espesores;*
- *Perfilaje eléctrico – métodos y profundidades;*
- *Definición de la columna de producción – diámetros y largos;*
- *Instalación de la columna de producción – metodología;*
- *Aplicación del pre-filtro – metodología;*
- *Limpieza y desarrollo – métodos a utilizar;*
- *Ensayo de bombeo con bomba;*
- *Colecta de muestra para análisis físico químico;*
- *Informe final*

Concluida la obra y posterior al informe final, se debe obtener el permiso de utilización del pozo. En esta ocasión, corresponderá nuevamente el órgano gestor de recursos hídricos deliberar sobre entre otros puntos del permiso de otorgamiento, de la definición de la tasa de explotación con que se podrá operar el pozo.

13 ANEXOS / *13 ANEXOS*

13.1 Anteproyecto de Perforación, Capítulo 3 de «NORMAS TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE POZOS PROFUNDOS»,

Lic. Rodolfo Palazzo - Área Hidrogeología - Ministerio de Asuntos Hídricos de Santa Fe

Geólogo Carlos Maravella - Consultor - Provincia de Santa Fe

Geóloga María Santi - Aguas Subterráneas - Dirección de Hidráulica de Entre Ríos

Lic. Geología Juan Ledesma - Dirección Nacional de Hidrografía - República Oriental del Uruguay

Piloto Concordia / Salto - Diciembre del 2005

13.1.1. Análisis

La formulación del anteproyecto de Perforación deberá incluir el análisis de los siguientes aspectos:

1. **Diseño físico.**
2. **Verificación hidráulica**
3. **Métodos de ejecución**
4. **Análisis de costos.**
5. **Términos de Referencia para la construcción y Pliego de Especificaciones Técnicas.**

El Diseño Físico de la perforación deberá detallar los siguientes componentes:

a) Filtros

i) Determinación de las granulometrías (caso de materiales clásicos)
ii) Determinación del requerimiento de filtros.
iii) Determinación del tipo de filtros.
iv) Determinación de aberturas.
v) Determinación de tipo de lectura.
vi) Determinación de velocidad de ingreso del agua a la obra
vii) Determinación área libre necesaria.
viii) Determinación de área neta
ix) Material a utilizar en función del carácter químico del agua
x) Determinación de diámetro
xi) Resistencia a la tracción
xii) Resistencia a la compresión axial.

xiii) Determinación de longitud filtrante
xiv) Determinación de prefiltros.
xv) Características de los prefiltros.

b) Tuberías

i) Diámetros
ii) Longitud de cada diámetro
iii) Tipo de uniones
iv) Materiales
v) Espesores
vi) Tipo de costuras o lisos
vii) Resistencia a la tracción
viii) Resistencia a la compresión axial

c) Profundidad total de la obra

d) Programa de entubamientos

i) Diámetros de cañerías, previendo cámara de bombeo
ii) Longitudes de cada tramo
iii) Ubicación de cañerías
iv) Diámetros de filtros
v) Longitudes de cada tramo
vi) Ubicaciones de cada tramo
vii) Cañerías de empalme entre tramos
viii) Cañerías e depósito

13.1.2. Verificación Hidráulica

En función de las características del diseño de la perforación y de los parámetro físicos, se propondrá la verificación hidráulica del funcionamiento.

13.1.3. Método de ejecución de la obra

a) Para la ejecución de la obra propuesta se deberá indicar el método de perforación a utilizar.

b) Se deberá describir la Capacidad perforante mínima del equipo a emplear.

i) Aditivos a Utilizar y controles.
ii) Métodos de aislación y cementación de sectores no utilizables.
iii) Ensayos a ejecutar para verificación de aislaciones.
iv) Controles de avance y pefilaje múltiple de pozos, eléctricos, radioactivos y los que a criterio de la Inspección y Representante técnico, consideren necesarios.
v) Ajuste del programa de entubamientos previstos en el anteproyecto.
vi) Ensayos de alineación.
vii) Ensayos de verticalidad.
viii) Métodos de limpieza.

ix) Métodos de desarrollo.
x) Ensayos de rendimiento
ix) Determinación de Eficiencias de Operación
xii) Ensayos de rendimiento
xi) Determinación de Eficiencias de Operación
xii) Ensayos hidráulicos finales de recepción.
xiii) Análisis físicos químicos de aguas - Metodología

13.1.4. Análisis de costos

a) El análisis de costos deberá contener la discriminación de los siguientes componentes mayores de acuerdo con los equipos requeridos en cada uno.

i) Perforadora
ii) Grupos Electrógenos
iii) Motocompresores
iv) Camiones.
v) Equipos de bombeo auxiliares
vi) Equipos de bombeo de ensayos.
vii) Campamento y trailers.
viii) Camión cisterna.

13.2 Tabelas de Conversoes

13.2.1. Comprimento

Unidade	Centímetro	Metro	Km	Pol.	Pé	Jarda	Milha
1 metro	100	1	0,001	39,37	3,2808	1,0936	0,000626
1 pé	30,48	0,0304	0,000305	12	1	0,3333	0,000189
1 jarda	91,44	0,914	0,000914	36	3	1	0,000568
1 milha	160,93	1.609.0	1,6093	63.360	5.280	1.760	1

Milímetros e polegadas

POL.	1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	1/2	5/8	1
mm	3,18	4,76	6,35	7,94	9,53	12,7	15,88	25,4

13.2.2. Área

UNIDADE	cm^2	m^2	$pol.^2$	$pé^2$	$jarda^2$	$acre^2$	$milha^2$
1 cm^2	1	0,0001	0,155	0,00108	0,00012	-	-
1 m^2	10.000	1	1.550	10,76	1,196	0,00024	-
1 $pol.^2$	6,452	0,000645	1	0,00694	0,000772	-	-
1 $pé^2$	929	0,929	144	1	0,111	0,00002	-
1 $jarda^2$	8,361	0,836	1.269	9	1	0,00020	-
1 $acre^2$	40.465.284	4.047	6.272.640	43.560	4,840	1	0,0015
1 $milha^2$	-	2.589,998	-	27.878400	3.097.600	640	-

13.2 Tablas de Conversiones

13.2.1 Distancia

Unidad	Centímetro	Metro	Km.	Pul.	Pie	Yarda	Milla
1 metro	100	1	0,001	39,37	3,2808	1,0936	0,000626
1 pie	30,48	0,0304	0,000305	12	1	0,3333	0,000189
1 yarda	91,44	0,914	0,000914	36	3	1	0,000568
1 milla	160,93	1.609.0	1,6093	63.360	5.280	1.760	1

Milímetros y pulgadas

PUL.	1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	1/2	5/8	1
mm.	3,18	4,76	6,35	7,94	9,53	12,7	15,88	25,4

13.2.2 Área

UNIDAD	cm^2	m^2	$Pul.^2$	Pie^2	$Yarda^2$	$acre^2$	$Milla^2$
1 cm^2	1	0,0001	0,155	0,00108	0,00012	-	-
1 m^2	10.000	1	1.550	10,76	1,196	0,00024	-
1 $pul.^2$	6,452	0,000645	1	0,00694	0,000772	-	-
1 pie^2	929	0,929	144	1	0,111	0,00002	-
1 $yarda^2$	8,361	0,836	1.269	9	1	0,00020	-
1 $acre^2$	40.465.284	4.047	6.272.640	43.560	4,840	1	0,0015
1 $milla^2$	-	2.589,998	-	27.878400	3.097.600	640	-

13.2.3. Volume

13.2.3 Volumen

UNIDADE	cm^3	m^3	litro	Galão US	Galão UK	pol. ^{3}	pé ^{3}
1 cm^3	1	0,000001	0,001	0,000264	0,00022	0,061	0,000035
1 m^3	1.000.000	1	1.000	264,17	220,083	61.023	35,314
1 litro	1.000	0,001	1	0,264	0,220	61.023	0,353
1 Galão	3.785,40	0,00379	3,785	1	0,833	231	0,134
1Galão	4.542,50	0,00454	4,542	1,2	1	277,274	0,160
1 pol. ^{3}	16,39	0,000016	0,0164	0,00433	0,0361	1	0,000579
1 pé ^{3}	28.317	0,0283	28,317	6,232	6,232	1.728	1

UNIDAD	cm^3	m^3	litro	Galón US	Galón UK	pul. ^{3}	pie^3
1 cm^3	1	0,000001	0,001	0,000264	0,00022	0,061	0,000035
1 m^3	1.000.000	1	1.000	264,17	220,083	61.023	35,314
1 litro	1.000	0,001	1	0,264	0,220	61.023	0,353
1 Galón	3.785,40	0,00379	3,785	1	0,833	231	0,134
1Galón	4.542,50	0,00454	4,542	1,2	1	277,274	0,160
1 pul. ^{3}	16,39	0,000016	0,0164	0,00433	0,0361	1	0,000579
1 pie^3	28.317	0,0283	28,317	6,232	6,232	1.728	1

13.2.4. Peso

13.2.4 Peso

UNIDADE	Grama	KG	onça	libra	ton. (curta)	ton. (longa)
1 grama	1	0,001	0,0353	0,0022	0,0000011	0,00000098
1 quilograma	1.000	1	35,274	2,205	0,0011	0,0000984
1 onça	28,349	0,0283	1	0,0625	0,0000312	0,0000279
1 libra	453,592	0,454	16	1	0,0005	0,000446
1ton. curt	907.184,8	907.185	32.000	2.000	1	0,983
1ton. Long.	1.016.047	1.016.047	35.840	2.240	1,12	1

UNIDAD	Gramo	KG	onza	libra	ton. (corta)	ton. (larga)
1 gramo	1	0,001	0,0353	0,0022	0,0000011	0,00000098
1 Kilogramo	1.000	1	35,274	2,205	0,0011	0,0000984
1 onza	28,349	0,0283	1	0,0625	0,0000312	0,0000279
1 libra	453,592	0,454	16	1	0,0005	0,000446
1ton. Corta	907.184,8	907.185	32.000	2.000	1	0,983
1ton. Larga	1.016.047	1.016.047	35.840	2.240	1,12	1

13.2.5. Vazão

13.2.5 Caudal

Vazão	Fator	Vazão
l / min	0,060	m^3 / h
l / seg	3,6	m^3 / h
gal / h	0,00379	m^3 / h
gal / min	0,227	m^3 / h
pé3 / h	1,70	m^3 / h
pé3 / min	102	m^3 / h

Caudal	Factor	Caudal
l / min	0,060	m^3 / h
l / seg	3,6	m^3 / h
gal / h	0,00379	m^3 / h
gal / min	0,227	m^3 / h
Pie^3 / h	1,70	m^3 / h
Pie^3 / min	102	m^3 / h

13.2.6. Pressão

13.2.6. Presión

Pressão	Fator	Pressão
psi (lb / pol2)	0,0703	kg / cm2
Psi	0,703	m.c.a.
Psi	51,7	mm Hg

Presión	Factor	Presión
psi (lb / pol2)	0,0703	kg / cm2
Psi	0,703	m.c.a.
Psi	51,7	mm Hg

UNIDADE	Pa	atm	bar	Kgf/m^2
Pa	1	9,869.E-6	0,00001	0,102
Atm	101.325	1	1,01325	10.332
Bar	100.000	0,9869	1	10.197
Kgf / m^2	9,80665	9,678.E-5	0,000098	1
lbf / pé ^{2}	47,88	47,26.E-5	0,000479	4,88
Psi	6894,8	0,068	0,06895	703

UNIDAD	Pa	atm	bar	Kgf/m^2
Pa	1	9,869.E-6	0,00001	0,102
Atm	101.325	1	1,01325	10.332
Bar	100.000	0,9869	1	10.197
Kgf / m^2	9,80665	9,678.E-5	0,000098	1
lbf / pie^2	47,88	47,26.E-5	0,000479	4,88
Psi	6894,8	0,068	0,06895	703

UNIDADE	Pa	atm	bar	ba	Kgf / m2	at	lbf / pé2
Psi	0,000145	14,6959	14,5	0,0000145	0,00142	14,2	0,00694

UNIDAD	Pa	atm	bar	ba	Kgf / m^2	at	lbf / pie^2
Psi	0,000145	14,6959	14,5	0,0000145	0,00142	14,2	0,00694

13.2.7. Densidade

13.2.7. Densidade

UNIDADE	kg / m3	g / cm3	Lb / pe3
kg / m3	1	0,001	0,0625
g / cm3	1.000	1	62,5

UNIDAD	kg / m^3	g / cm^3	Lb / pie^3
kg / m^3	1	0,001	0,0625
g / cm^3	1.000	1	62,5

Fonte – todas as tabelas – Livro de Perfuração – DH-SP

Fuente – todas las tablas – Livro de Perfuração – DH-SP

13.3 Especificações

13.3.1. Filtros espiralados

13.3 Especificaciones

13.3.1 Filtros Espiralados

DN	DI	DE	Peso Kg/m			Área aberta %			Colapso (PSI)			Prof. Max. metros	Peso max. sup.	Vazão m3/h/m de filtro		
			Abertura (mm)			Abertura (mm)			Abertura (mm)					Abertura (mm)		
pol	mm	mm	0,5	0,75	1,00	0,5	0,75	1,00	0,5	0,75	1,00	metros	Ton	0,5	0,75	1,00
4	100	116	5,94	5,53	5,20	24,75	33,04	39,68	317,17	282,24	254,24	100	2,29	9,70	13,00	15,60
		116	5,94	5,53	5,20	25,75	33,04	39,68	317,17	282,24	254,24	200	2,29	9,70	13,00	15,60
		116	5,94	5,53	5,20	24,75	33,04	39,68	317,17	282,24	254,24	300	2,29	9,70	13,00	15,60
		118	8,28	7,81	7,42	18,12	24,92	30,67	850,77	780,11	720,28	400	2,85	7,20	10,00	12,30
		118	8,28	7,81	7,42	18,12	24,92	30,67	850,77	780,11	720,28	500	2,85	7,20	10,00	12,30
		118	8,28	7,81	7,42	18,12	24,92	30,67	850,77	780,11	720,28	600	2,85	7,20	10,00	12,30
6	150	167	9,77	9,13	8,59	20,83	28,30	34,48	169,84	153,82	140,56	100	3,06	12,00	16,20	20,00
		169	9,77	9,13	8,59	20,83	28,30	34,48	169,84	153,82	140,56	200	3,06	12,00	16,20	20,00
		171	14,10	13,35	12,70	15,20	21,20	26,39	590,62	548,91	512,70	300	3,80	8,80	12,30	15,30
		168	11,83	11,14	10,55	15,20	24,92	26,39	294,90	270,40	249,67	400	3,80	8,70	14,20	15,00
		169	15,89	15,14	14,49	15,20	21,19	26,39	573,98	533,44	498,26	500	5,74	8,70	12,10	15,00
		169	15,89	15,14	14,49	15,20	21,19	26,39	573,98	533,44	498,26	600	5,74	8,70	12,10	15,00
8	198	217	15,01	14,10	13,33	18,12	24,92	30,67	135,97	124,68	115,12	100	4,21	13,30	18,30	22,60
		220	18,61	17,64	16,79	15,20	21,19	26,39	271,60	252,42	235,77	200	5,22	11,30	15,80	19,70
		220	18,61	17,64	16,79	15,20	21,19	26,39	271,60	252,42	235,77	300	5,22	11,30	15,80	19,70
		220	18,61	17,64	16,79	15,20	21,19	26,39	271,60	252,42	235,77	400	5,22	11,30	15,80	19,70
		222	25,90	24,69	23,64	13,81	19,38	24,27	468,33	438,08	411,49	500	7,89	10,40	14,60	18,30
		222	25,90	24,69	23,64	13,81	19,38	24,27	468,33	438,08	411,49	600	7,89	10,40	14,60	18,30
10	248	270	22,35	21,14	20,08	15,20	21,19	26,39	147,16	136,76	127,74	100	5,35	13,90	19,40	24,20
		271	26,51	25,13	23,93	14,49	20,27	25,32	174,80	162,99	152,67	200	6,65	13,30	18,60	23,30
		274	32,47	30,97	29,65	13,81	19,38	24,27	250,51	234,32	220,10	300	10,05	12,80	18,00	22,60
		272	29,34	27,84	26,52	13,81	19,38	24,27	255,02	238,54	224,07	400	6,65	12,70	17,90	22,40
		276	38,18	36,79	35,53	10,10	14,42	18,35	538,98	513,07	489,54	500	10,05	9,30	13,50	17,20
		273	38,18	36,79	35,53	10,10	14,42	18,35	538,98	513,07	489,54	600	10,05	9,30	15,50	17,20
12	300	322	30,06	28,42	27,00	14,49	20,27	25,32	105,31	98,19	91,98	100	6,12	15,80	22,00	32,50
		323	34,53	32,75	31,19	13,81	19,38	24,27	151,99	142,17	133,54	200	7,60	17,80	21,20	26,60
		327	44,89	43,24	41,74	10,10	14,42	18,35	327,68	311,92	297,62	400	11,48	11,20	16,00	20,30
		327	44,89	43,24	41,74	10,10	14,42	18,35	327,68	311,92	297,62	400	11,48	11,20	16,00	20,30
		327	44,89	43,24	41,74	10,10	14,42	18,35	327,68	311,92	297,62	400	11,48	11,20	16,00	20,30
		327	44,89	43,24	41,74	10,10	14,42	18,35	327,68	311,92	297,62	400	11,48	11,20	16,00	20,30

13.3.2. Tubos de aço

13.3.2 Tubos de acero

TUBOS DE AÇO (DIN)

	DIN 2440			
	DIÂMETROS (mm)		PAREDE mm	PESO kg/m
	externo	interno		
1/2´	21.3	16.00	2.65	1.22
3/4´	26.9	21.60	2.55	1.58
1´´	33.7	27.20	3.25	2.44
1 1/4´´	42.4	35.90	3.25	3.14
1 1/2	48.3	41.80	3.25	3.61
2´´	60.3	53.00	3.65	5.10
2 1/2	76.1	68.80	3.65	6.51
3´	88.9	80.80	4.05	8.47
4´	114.3	105.30	4.50	12.10
5´	139.7	130.00	4.85	16.13
6´	165.1	155.40	4.85	19.20
8´	219.1	206.40	6.35	33.30

TUBOS DE AÇO (ASA / ANSI)

	SCHEDULE 20				SCHEDULE 40			
	DIÂMETROS (mm)		PAREDE mm	PESO kg/m	DIÂMETROS (mm)		PAREDE mm	PESO kg/m
	externo	interno			externo	interno		
1/2´	21.3	16.34	2.50	1.16	21.3	15.80	2.77	1.27
3/4´	26.7	21.67	2.50	1.49	26.7	20.93	2.87	1.68
1´´	33.4	27.40	3.00	2.25	33.4	26.64	3.38	2.50
1 1/4´´	42.2	36.16	3.00	2.89	42.2	35.04	3.56	3.38
1 1/2	48.3	42.26	3.00	3.35	48.3	40.96	3.65	4.05
2´´	60.3	63.33	3.50	4.90	60.3	52.51	3.91	5.43
2 1/2	73.0	66.03	3.50	6.00	73.0	62.71	5.16	8.62
3´	88.9	80.90	4.00	8.37	88.9	77.92	5.49	11.28
4´	114.3	100.30	4.00	10.90	114.3	102.25	6.02	16.06
5´	141.3	131.30	5.00	16.80	141.3	128.20	6.55	21.76
6´	168.3	158.28	5.00	20.31	168.3	154.06	7.11	28.23
8´	219.1	206.08	6.50	34.10	219.1	202.72	8.18	42.49
10´	273.1	260.05	6.50	42.70	273.1	254.51	9.27	60.23

13.3.3. Tipos de roscas

13.3.3 Tipos de roscas

ROSCAS EM TUBOS DE AÇO

TIPO	CARACTERíSTICAS	APLICAÇÃO	PERFIL
BSP	ø 1/2´´ a 3/4´´- 14 fios /pol ø acima de 1´´ - 11 fios / pol	Tubos de parede fina média resitencia	
NPT	ø 1´´ a 2´´- 11,5 fios /pol ø acima de 2´´ - 8 fios / pol	Tubos de parede grossa boa resistencia	
BUTTRESS	ø 4 1/2´´ a 20´´- 5 fios /pol	Tubos de parede grossa grande resistencia	
ESPECIAL	perfil e número de fios/pol de acordo com a utilização	Diversas	

13.4 Vários

13.4.1. Tabelas de cálculos práticos

13.4 Varios

13.4.1 Tablas de cálculo prácticas

13.4.2. Perdas de carga

13.4.2 Pérdidas de carga

PERDA DE CARGA

VAZÃO em litros horários	DIÃMETRO NOMINAL 1-1/2´´	2´´	2-1/2´´	3´´	3-1/2´´	4´´	5´´	6´´	8´´
3.000	1,74	0,52	0,22	0,05	0,01	0,05	0,01	-	-
5.000	4,46	1,30	0,54	0,19	0,09	0,05	0,01	-	-
10.000	13,50	3,86	1,54	0,55	0,27	0,15	0,05	0,01	-
15.000	31,70	8,87	3,67	1,25	0,60	0,33	0,11	0,04	0,02
20.000	-	14,30	5,84	1,99	0,96	0,52	0,17	0,10	0,03
30,000	-	32,90	12,60	4,45	2,13	1,15	0,37	0,16	0,05
40.000	-	51,50	20,70	6,93	3,33	1,79	0,58	0,24	0,08
50.000	-	-	33,80	11,20	5,36	2,84	0,93	0,37	0,10
60.000	-	-	-	15,10	7,25	3,75	1,24	0,50	0,13
80.000	-	-	-	-	12,50	6,56	2,12	0,85	0,22
100.000	-	-	-	-	20,20	10,50	3,38	1,34	0,33
120.000	-	-	-	-	-	14,40	4,60	1,85	0,46
130.000	-	-	-	-	-	17,15	5,45	2,22	0,56
150.000	-	-	-	-	-	-	7,05	2,82	0,72
200.000	-	-	-	-	-	-	11,95	4,82	1,22
300.000	-	-	-	-	-	-	-	10,36	2,59

COMPRIMENTOS EQUIVALENTES EM METROS DE TUBULAÇÃO

Os valores contidos neste quadro devem ser aplicados na tabela acima para obtenção das perdas de carga

ACESSÓRIOS

Diãmetro nominal do tubo	Válvula de gaveta toda aberta	Válvula globo aberta	Válvula retanção basculante	Joelho 90º rosqueador	Curva 90º rosqueada	Cotovelo derivação	Válvula de pé
1 - 1/2´´	0,204	11,70	2,47	1,28	0,671	1,83	25,57
2´´	0,280	15,94	3,38	1,74	0,945	2,50	34,74
2 - 1/2´´	0,336	19,81	4,21	2,16	1,16	3,11	43,28
3´´	0,457	25,91	5,49	2,83	1,52	4,08	56,69
4´´	0,640	36,27	7,68	3,96	2,10	5,70	79,25
5´´	0,820	47,55	10,12	5,21	2,77	7,50	104,5
6´´	1,04	59,13	12,53	6,46	3,44	9,33	129,5
8´´	1,46	82,91	17,53	9,05	4,85	13,01	181,0

BROCAS DE PERFURAÇÃO - TABELA COMPARATIVA

DENTES DE AÇO

	HUGHES			REED			SECURITY			SMITH			C.B.V		
	Journal	Selada	Não Selada	Journal	Selada	Não Selada	Journal	Selada	Não Selada	Journal	Selada	Não Selada	Journal	Selada	Não Selada
MOLE	J1	X3A	R1		S11	Y11	S33SF	S33S	S3S	FDS	SDS	DS	FM11 FM11G	SM11 SM11G	M11 M11G
MOLE	J2	X3	R2	FP12	S12	Y12	S33F	S33	S3	FDT	SDT	DT DTT	FM12 FM12G	SM12 SM12G	M12 M12G
MOLE	J3	X1G	R3	FP13	S13	Y13 Y13T	S44SF	S44 S44TG	S4 S4T	FDG	SDG SDGH	DG DGT	FM13 FM13G	SM13 SM13G	M13 M13G
MÉDIA	J4	JV	R4	F21	S21	Y21	M44NF	M44N	M4N			V1	FM21 FM21G	SM21 SM21G	M21 M21G
MÉDIA			DR5			Y22					SVH	V2	FM22 FM22G	SM22 SM22G	M22 M22G
MÉDIA					S23G		M44LF	M44L	M4L		S12 S12H	T2		SM23	M23 M23G
DURA	J7			F31G	S31G	Y31	H77F	H77	H7 H71		SL4 SL4H	L4	FM31G	SM31 SM31G	M31 M31G
DURA			R7										FM32G		M32 M32G
DURA	J8	XWR		F34			H77CF	H77S H77C	H7SG				FM34 FM34G	SM34 SM34G	M34 M34G

DENTES DE TUNGSTENIO

	HUGHES			REED			SECURITY			SMITH			C.B.V		
	Journal	Selada	Ar	Journal	Selada	Ar	Journal	Selada	Ar	Journal	Selada	Ar	Journal	Selada	Ar
MOLE	J11												FT51		
MOLE	J22			HS51 FP52		Y52JA	S84F	S84		A1 F2	2JS		FT52		
MOLE	J33	X33	HH33	FP53	S53		S86F	S86	S8JA	F3	3JS		FT53	ST53	A53
MOLE				FP54			S88F	S88							
MÉDIA	J44		HH44	FP62 FP62X	S62	Y62JA	M84F	M84	M8JA	F4 F45	4JS	4JA	FT62	ST62	A62
MÉDIA				FP628		Y62BJA	M88F M89TF	M88		F5 F47	5JS	5JA			
MÉDIA	J55		HH55	FP63 FP64	S63 S64	Y63JA	M89F			F57			FT63		A63
DURA				FP72	S72		M84F			F6	6JS		FT72		
DURA	J77		HH77	FP73 FP74	S73 S74	Y73JA	H88F H99F	H88	H8JA H9JA	F7	7JS	7JA	FT73	ST73	A73
DURA	J99		HH99	FP83		Y83JA	H100F	H100	H10JA	F9	9JS	9JA	FT83	ST83	A83

TABELA DE PESO E ROTAÇÂO - DENTES DE AÇO

TIPO	RPM		8 1/2		9 1/2		12 1/4		14 3/4		17 1/2		26	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
M11/SM11	75	250	17	51	19	57	24	73	29	88	35	105	52	156
FM11	60	120	7	23	8	25	11	33	13	39	15	47	23	70
M12/SM12	75	250	17	51	19	57	24	73	29	88	35	1105	52	156
FM12	60	120	7	23	8	25	11	33	13	39	15	47	23	70
M13/SM13	60	175	25	59	28	66	36	85	44	103	52	122	78	182
FM13	60	110	11	26	12	69	15	37	19	45	22	54	33	80
M21/SM21	50	120	25	68	28	76	36	98	44	118	52	140	78	206
FM21	40	100	11	30	12	34	15	44	19	53	22	63	33	93
M22/SM22	50	120	25	68	28	76	36	98	44	118	52	140	78	208
FM22	40	100	11	30	12	34	15	44	19	53	22	63	33	93
M32/SM32	40	100	34	76	38	85	49	110	59	132	70	157	104	234
FM32	40	90	15	34	17	38	22	49	26	59	31	70	46	104
M34/SM34	40	90	34	85	38	95	49	122	59	147	70	175	104	260
FM34	40	80	15	40	17	42	22	55	26	66	31	78	46	117

TABELA DE PESO E ROTAÇÂO - DENTES DE TUNGSTENIO

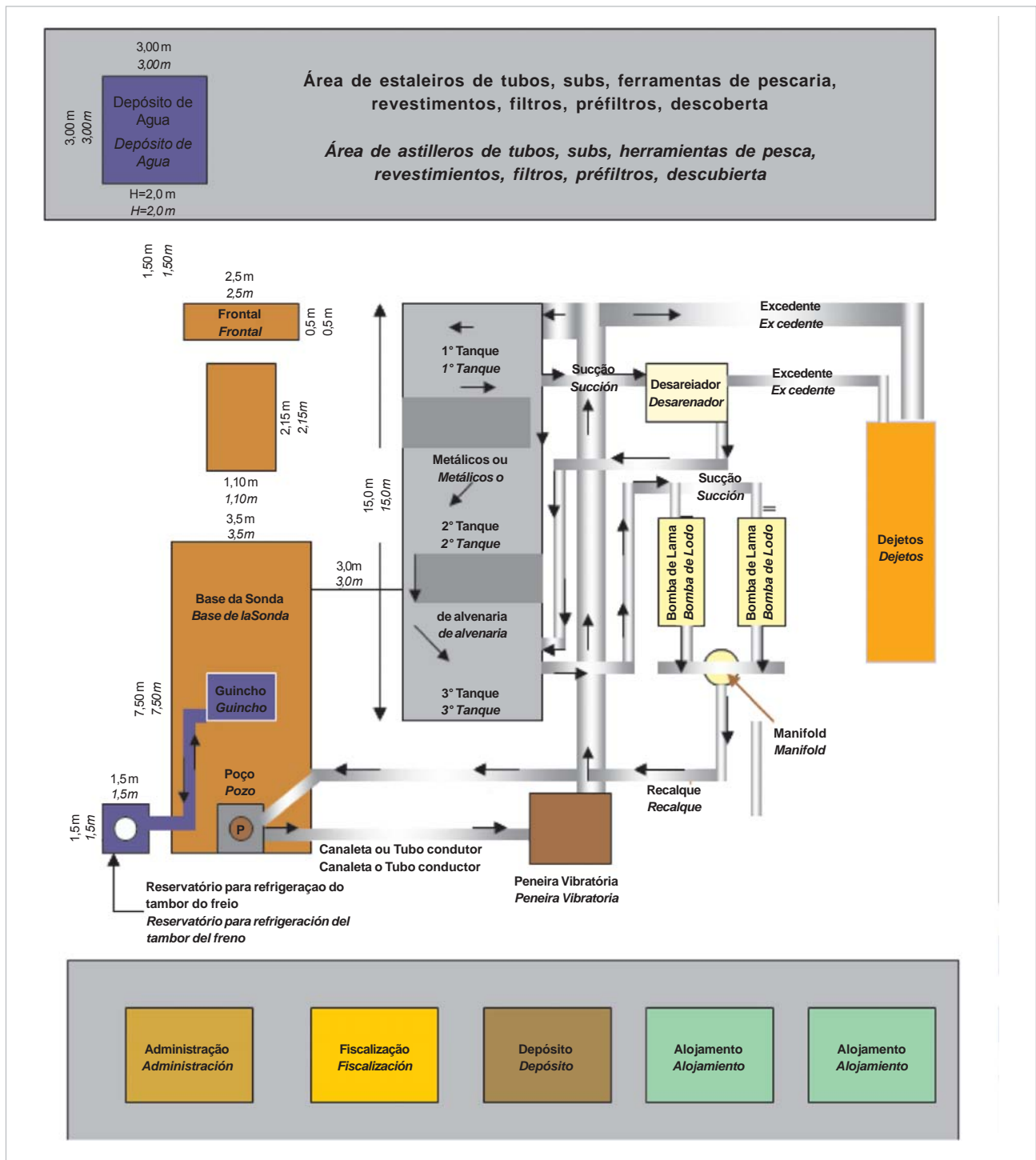
TIPO	RPM		8 1/2		9 1/2		12 1/4		17 1/2	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
FT51	50	130	8	17	9	19	11	25	16	36
FT52	50	120	10	17	11	19	14	25	16	36
FT53/ST53	45	65	10	19	11	21	14	28	20	39
FT62/ST62	40	60	11	21	13	24	17	30	23	43
FT63	35	55	11	25	13	28	17	36	23	52
FT/2	40	65	8	23	9	26	11	33	16	48
FT73/ST73	35	60	11	23	13	26	17	33	23	48
FT83/ST83	30	50	11	25	13	28	17	36	23	52

NOTAS: 1 - Peso em toneladas
2 - Peso máximo / rotaçao mínima e vice-versa

13.5 Esquemas

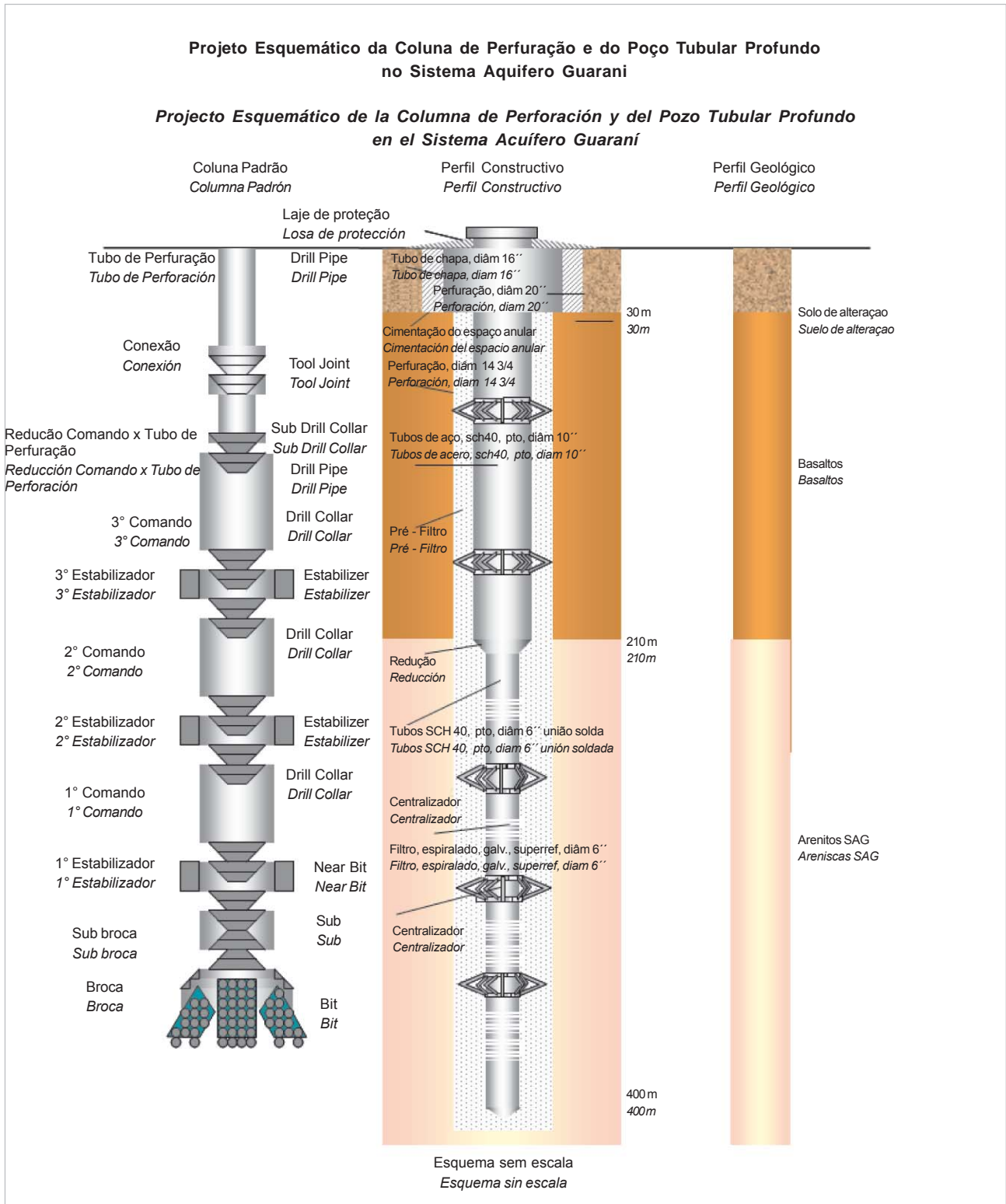
13.5.1. Esquema geral de um canteiro de perforaçao

13.5 Esquemas

13.5.1 Esquema general de un abrador de Perforación

Obs.: O layout sugerido é para poços com mais de 500 metros de profundidade
Adequar para menor em outras situações proporcionais a dimensão da sonda rotativa.

Observación: El layout sugerido es para pozos con más de 500 metros de profundidad.
Adecuar para menor profundidad en otras situaciones proporcionales a la dimensión de la sonda rotativa

13.5.2. Projeto esquemático de um poço tubular profundo no SAG.

13.5.2. Proyecto esquemático de un pozo tubular profundo en el SAG

13.5.3. Projeto esquemático de um poço tubular profundo no SAG.

13.5.3. Proyecto esquemático de un pozo tubular profundo en el SAG

13.5.4. Ficha de poço

13.5.4 *Ficha de pozo*

FICHA DE POZO

1/2

UBICACIÓN						
Código	Nombre pozo	País	Provincia, Dpto, Distrito	Municipio, Localidad	Paraje, Barrio	Acceso

PROPIETARIO						
Nombre	Ciudad	Dirección	Teléfono	Fax	Correo elect.	CP

UBICACIÓN
Cuenca superficial

RESPONSABLE TÉCNICO		INFORMACIÓN DEL POZO							
Nombre	Correo elect.	Método de acotamiento (GPS, carta, etc.)	Zona UTM	Coord. X_{UTM} (m)	Coord. Y_{UTM} (m)	Cota de terreno (m)	Latitud (º, ´, ´´)	Longitud (º, ´, ´´)	Sistema de coord.

Fecha de inicio de explotación	Estado (activo, incativo, abandonado)	Función (Extracción, monitoreo)	Condición (Buena, regular, mala)	Acuífero	Altura de boca de pozo (m)	Caudal (m^3/h)	Surgente (si/no)	Prof. Niv. Estático (m)	Prof. Nivel Dinámico (m)

INSTALACIÓN						
Marca de equipo de bombeo	Eq. de extrac. (surgente, bomba sum., comp., etc)	Potencia (Hp)	Profundidad de succión (m)	Fuerza Motriz (electricidad, combustble, etc.)	Diámetro descarga (cm)	Medición contínua de caudal (si/no)

PERFORACIÓN	
Perforado / Brocal	Método de perforación

PERFORACIÓN						
Equipo de perforación	Características del equipo	Empresa perforista	Dirección, ciudad, país	Teléfono	Fax	Correo electrónico

PERFIL ESTRATIGRÁFICO			
Desde (m)	Hasta (m)	Litología	Descripción

PERFILES	
Fecha interpretación	Empresa / Técnico responsable

PERFIL GEOLÓGICO			
Desde (m)	Hasta (m)	Edad	Formación

APORTES		
Desde (m)	Hasta (m)	Observaciones

PERFIL HIDROGEOLÓGICO			
Desde (m)	Hasta (m)	Acuífero	Tipo de acuífero

ENSAYO DE BOMBEO

INFORMACIÓN BÁSICA								
Pozo de bombeo	Código pozo de bombeo	Pozo de observación	Código pozo de obs.	Distancia a pozo de obs., o radio pozo de bombeo (m)	Fecha	Hora de inicio	Duración del ensayo (min)	Tiempo cese de bombeo (min)
Empresa		Responsable			Prof. Nivel estático (m)		Tipo de ensayo	Presión atmosférica

ENSAYO DE BOMBEO								
Hora	Tiempo de ensayo (min)	Prof. nivel agua (m)	Descenso (m)	Caudal (m^3/h)	Temperatura (ºC)	pH	Conductividad eléct. (S/cm)	Observaciones

ENSAYO DE RECUPERACIÓN				
Hora	Tiempo ensayo (min)	Prof. Nivel agua (m)	Recup. de nivel (m)	Observaciones
	0		0	Fin de Bombeo

ANÁLISIS-INTERPRETACIONES		
Responsable		
Método análisis		
Caudal espec. (m^3/h/m)		
Transmisividad hidráulica (m^2/d)		
Conductividad hidráulica (m/d)		
Coef. almac.		
Factor de goteo		
Tiempo retardo		
Coef. pérdidas lineales (B)		
Coef. pérdidas no lineales (C)		
Eficiencia		

TESTE DE BOMBEAMENTO

Poço:	*nº obra:*	*Endereço:*	
Proprietário:		*Município:*	
Tipo de teste:	**Rebaixamento**		

EQUIPAMENTO DE BOMBEAMENTO

Tipo:	*marca:*	*potência (cv):*
diam.(pol.):	*modêlo:*	*prof.crivo (m):*

Prof. N.E.(m):	*referência de medidas:*

Início		*Término*	
data:	*hora:*	*data:*	*hora:*

hora	*t (min)*	*N.D.(m)*	*Q (m3/h)*	*s med (m)*	*areia (ppm)*	*observações*
	0					
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	12					
	14					
	16					
	18					
	21					
	24					
	27					
	30					
	35					
	40					
	50					
	60					
	70					
	80					
	90					
	100					

hora	*t (min)*	*Q (m3/h)*	*Q (m3/h)*	*s med (m)*	*areia (ppm)*	*observações*
	120					
	140					
	160					
	180					
	210					
	240					
	270					
	300					
	330					
	360					
	420					
	480					
	540					
	600					
	660					
	720					
	780					
	840					
	900					
	960					
	1020					
	1080					
	1140					
	1200					
	1320					
	1440					

Rebaixamento Vazão Máxima
s (m)
20,0
25,0
30,0
35,0
40,0
45,0
50,0
55,0
60,0
65,0
70,0
75,0
80,0
85,0
90,0
95,0
100,0
1
10
100
1000
10000
t (min)

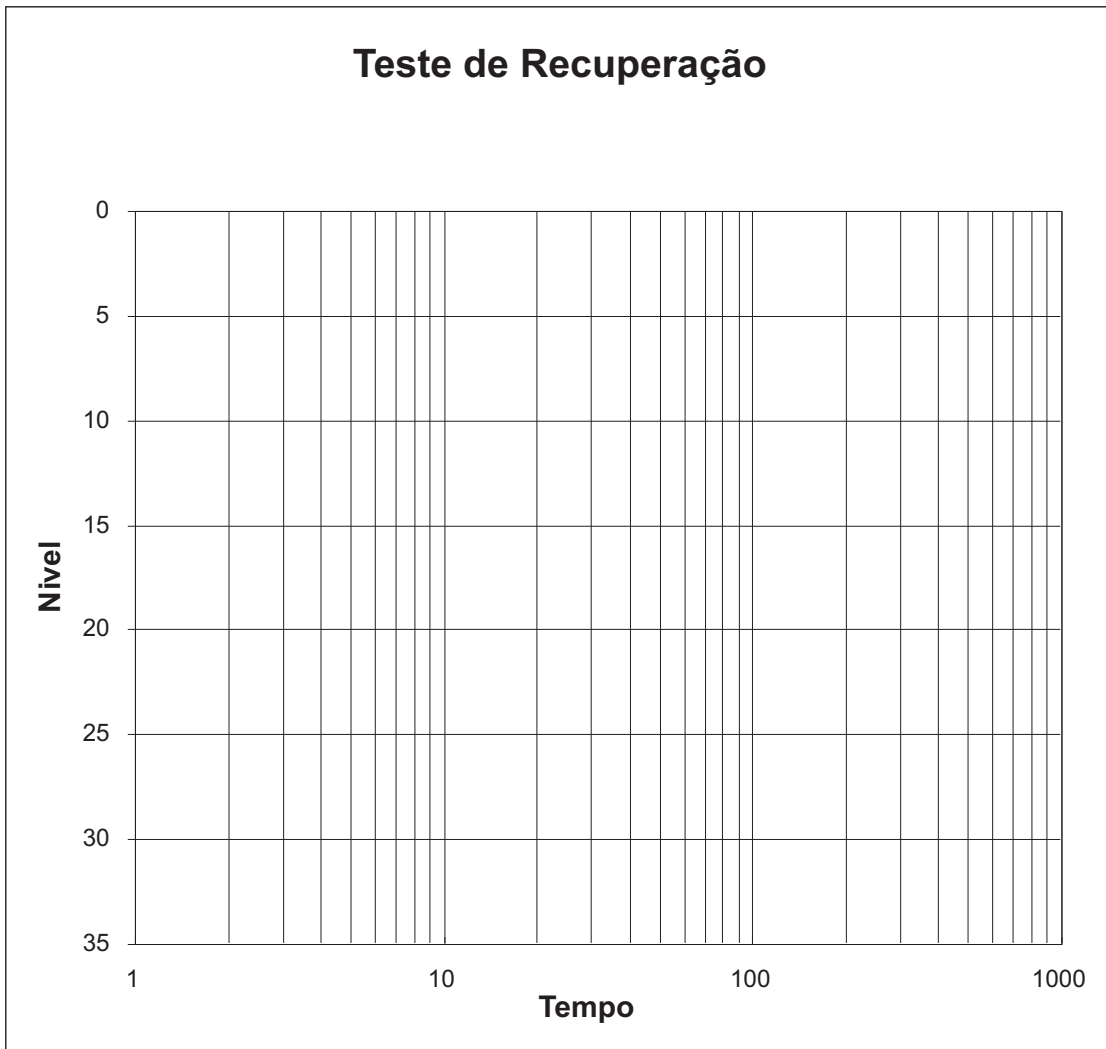
TESTE DE BOMBEAMENTO

Poço:	*nº obra:*	*Endereço:*	*Poço:*
Proprietário:		*Município:*	*Proprietário:*
Tipo de teste:	**Recuperação**		*Tipo de teste:*

EQUIPAMENTO DE BOMBEAMENTO

tipo:	*marca:*	*potência (cv):*	*tipo:*
diam.(pol.):	*modêlo:*	*prof.crivo (m):*	*diam.(pol.):*
Prof. N.E.(m):		*referência de medidas:*	*Prof. N.E.(m):*

Início				*Término*			
data:	**0/1/1900**	*hora:*	**00:00**	*data:*	**0/1/1900**	*hora:*	*data:*

hora	*t '(min)*	*N.D.(m)*	*Q (m3/h)*	*s' med (m)*	*t/t'*	*s' calc (m)*	*hora*
00:00	**0**						
00:01	**1**						
00:02	**2**						
00:03	**3**						
00:04	**4**						
00:05	**5**						
00:06	**6**						
00:07	**7**						
00:08	**8**						
00:09	**9**						
00:10	**10**						
00:12	**12**						
00:14	**14**						
00:16	**16**						
00:18	**18**						
00:21	**21**						
00:24	**24**						
00:27	**27**						
00:30	**30**						
00:35	**35**						
00:40	**40**						
00:50	**50**						
01:00	**60**						
01:10	**70**						
01:20	**80**						
01:30	**90**						
01:40	**100**						
02:00	**120**						
02:20	**140**						
02:40	**160**						
03:00	**180**						
03:30	**210**						
04:00	**240**						

Teste de Recuperação
Nivel
0
5
10
15
20
25
30
35
1
10
100
1000
Tempo

TESTE DE BOMBEAMENTO

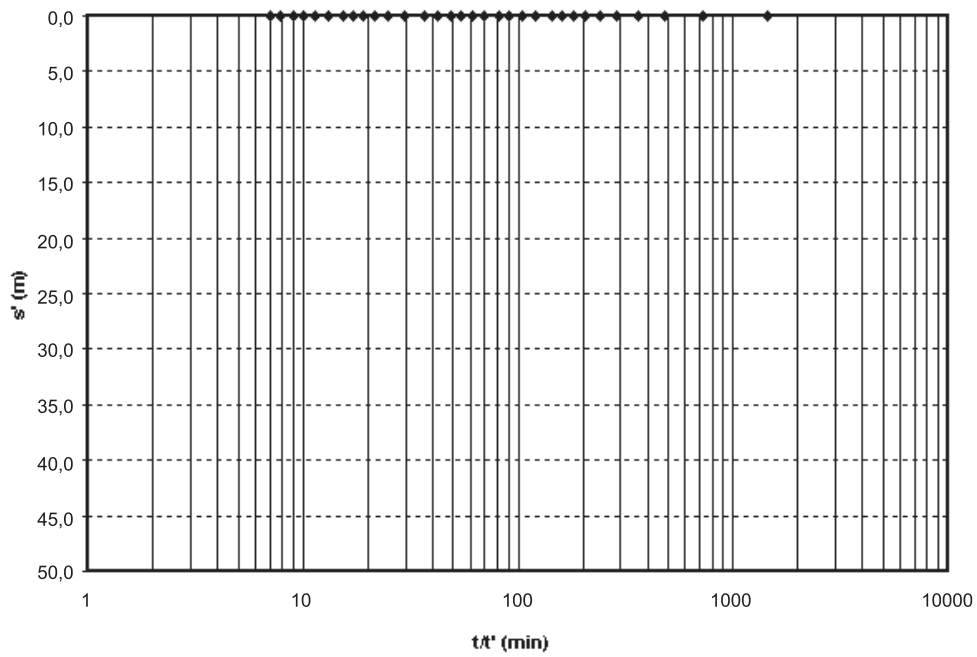
Poço:	*nº obra:*	*Endereço:*	*Poço:*
Proprietário:		*Município:*	*Proprietário:*
Tipo de teste: ***Rebaixamento Residual***			*Tipo de teste:*

EQUIPAMENTO DE BOMBEAMENTO

tipo:	*marca:*	*potência (cv):*	*tipo:*
diam.(pol.):	*modêlo:*	*prof.crivo (m):*	*diam.(pol.):*
Prof. N.E.(m):		*referência de medidas:*	*Prof. N.E.(m):*

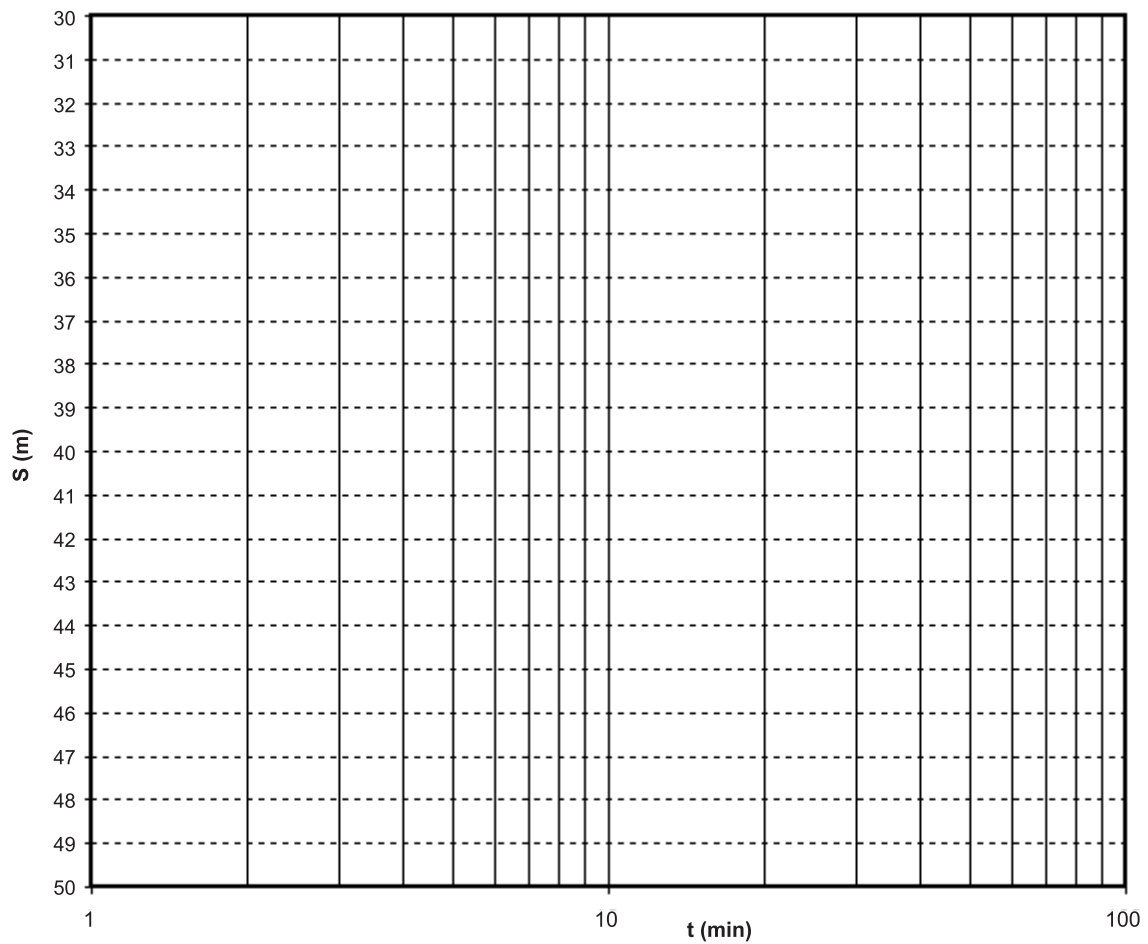
Início		*Término*		
data:	*hora:*	*data:*	*hora:*	*data:*

hora	*t '(min)*	*N.D.(m)*	*Q (m3/h)*	*s' med (m)*	*t/t'*	*s' calc (m)*	*hora*
00:00	**0**						**0,0**
00:01	**1**				**1441,00**		
00:02	**2**				**721,00**		
00:03	**3**				**481,00**		
00:04	**4**				**361,00**		
00:05	**5**				**289,00**		
00:06	**6**				**241,00**		
00:07	**7**				**206,71**		
00:08	**8**				**181,00**		
00:09	**9**				**161,00**		
00:10	**10**				**145,00**		
00:12	**12**				**121,00**		
00:14	**14**				**103,86**		
00:16	**16**				**91,00**		
00:18	**18**				**81,00**		
00:21	**21**				**69,57**		
00:24	**24**				**61,00**		
00:27	**27**				**54,33**		
00:30	**30**				**49,00**		
00:35	**35**				**42,14**		
00:40	**40**				**37,00**		
00:50	**50**				**29,80**		
01:00	**60**				**25,00**		
01:10	**70**				**21,57**		
01:20	**80**				**19,00**		
01:30	**90**				**17,00**		
01:40	**100**				**15,40**		
02:00	**120**				**13,00**		
02:20	**140**				**11,29**		
02:40	**160**				**10,00**		
03:00	**180**				**9,00**		
19:30	**210**				**7,86**		
20:00	**240**				**7,00**		

Rebaixamento Residual
s' (m)
0,0
5,0
10,0
15,0
20,0
25,0
30,0
35,0
40,0
45,0
50,0
1
10
100
1000
10000
t/t' (min)

TESTE DE BOMBEAMENTO

Poço:		*nº obra:*		*Endereço:*		
Proprietário:					*Município:*	
Tipo de teste:		**1a. ETAPA - ESCALONADO**				
EQUIPAMENTO DE BOMBEAMENTO						
tipo:			*marca:* **Esco:**		*potência (cv):*	
diam.(pol.):			*modêlo:* **27 est**		*prof.crivo (m):*	
Prof. N.E.(m):				*referência de medidas:*		
Início				*Término*		
data:		*hora:*		*data:*		*hora:*

hora	*t (min)*	*N.D.(m)*	*Q (m3/h)*	*s med (m)*	*areia (ppm)*	*observações*
	0					
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	12					
	14					
	16					
	18					
	21					
	24					
	27					
	30					
	35					
	40					
	50					
	60					

Teste de Produção
1ª Etapa
S (m)
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
1
10
100
t (min)

TESTE DE BOMBEAMENTO

Poço: *nº obra:* *Endereço:*

Proprietário: *Município:*

Tipo de teste: **2a. ETAPA - ESCALONADO**

EQUIPAMENTO DE BOMBEAMENTO

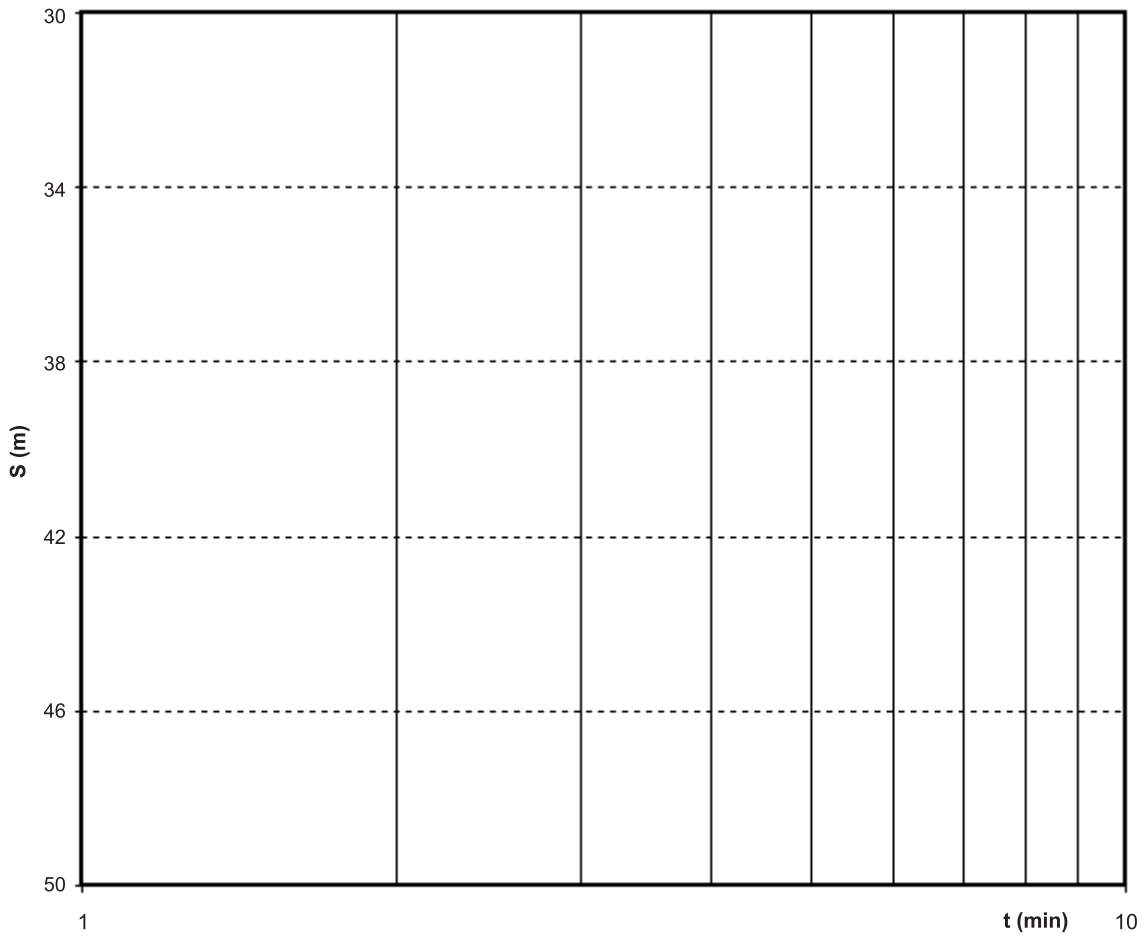
tipo: *marca:* *potência (cv):*

diam.(pol.): *modêlo:* *prof.bomba (m):*

Prof. N.E.(m): *referência de medidas:*

Início		*Término*	
data:	*hora:*	*data:*	*hora:*

hora	*t (min)*	*N.D.(m)*	*Q (m3/h)*	*s med (m)*	*areia (ppm)*	*observações*
	0					
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	12					
	14					
	16					
	18					
	21					
	24					
	27					
	30					
	40					
	50					
	60					

Teste de Produção
2ª Etapa
S (m)
30
34
38
42
46
50
1
t (min)
10

TESTE DE BOMBEAMENTO

Poço:	*nº obra:*	*Endereço:*
Proprietário:		*Município:*
Tipo de teste:	**3a. ETAPA - ESCALONADO**	

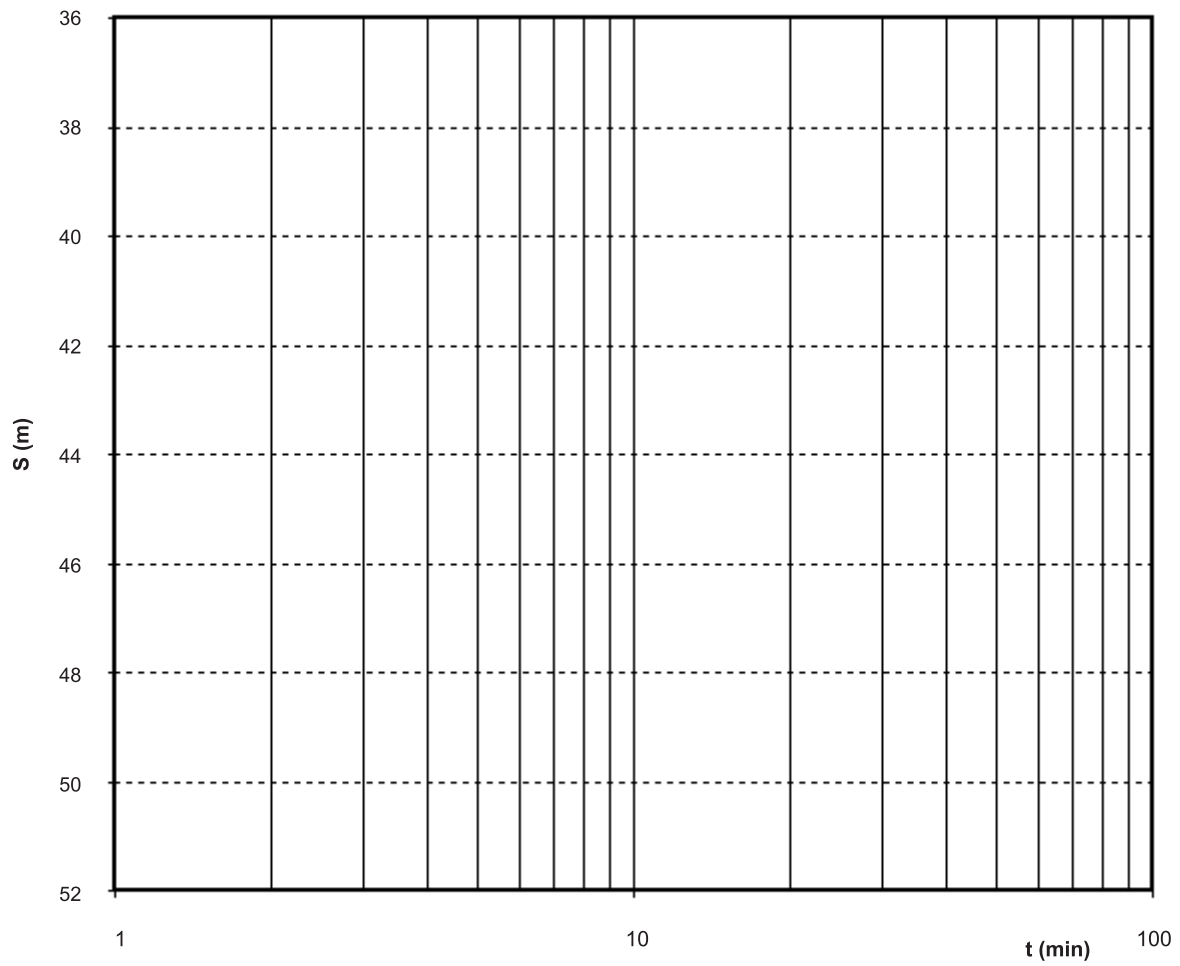
EQUIPAMENTO DE BOMBEAMENTO

tipo:	*marca:*	*potência (cv):*
diam.(pol.):	*modêlo:*	*prof.crivo (m):*

Prof. N.E.(m):	*referência de medidas:*

Início		*Término*	
data:	*hora:*	*data:*	*hora:*

hora	*t (min)*	*N.D.(m)*	*Q (m3/h)*	*s med (m)*	*areia (ppm)*	*observações*
	0					
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	12					
	14					
	16					
	18					
	21					
	24					
	27					
	30					
	35					
	40					
	50					
	60					

Teste de Produção
3ª Etapa
36
38
40
42
44
46
48
50
52
S (m)
1
10
100
t (min)

TESTE DE BOMBEAMENTO

Poço:	*nº obra:*	*Endereço:*	
Proprietário:		*Município:*	
Tipo de teste:	**4a. ETAPA - ESCALONADO**		

EQUIPAMENTO DE BOMBEAMENTO

tipo:	*marca:*	*potência (cv):*
diam.(pol.):	*modêlo:*	*prof.crivo (m):*

Prof. N.E.(m):	*referência de medidas:*

Início		*Término*	
data:	*hora:*	*data:*	*hora:*

hora	*t (min)*	*N.D.(m)*	*Q (m3/h)*	*s med (m)*	*areia (ppm)*	*observações*
	0					
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	12					
	14					
	16					
	18					
	21					
	24					
	27					
	30					
	35					
	40					
	50					
	60					

Teste de Produção
4ª Etapa
60
65
70
75
80
85
90
S (m)
1
10
100
t (min)

INTERPRETAÇÃO DE TESTE DE PRODUÇÃO

Poço:								
Proprietário:								
Aquífero:								
Nome:								
Prof. N.E.(m):								
		Início				Término		
Data:			Hora:		Data:		Hora:	
Q (m3/h)		N.D.(m)	s med (m)	s/Q (m/m3/h)	Q/s (m3/h/m)	duração (h)	s calc (m)	s/Q calc (m/m3/h)
				INTERPRETAÇÃO				
Equação tipo:		**s=B*Q+C*Q^2**					Q/s (m3/h/m) =	
B1h =							s/Q (m/m3/h) =	
B(24h)=							Eficiência (BQ/(BQ+CQ^2)x100)=	
C=							T (m2/dia) =	
CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO PREVISTAS								
Vazão (m3/h)			REBAIXAMENTO:					
Nível dinâmico:			m					
Interpretação								
OBSERVAÇÕES:								

Rebaixamento específico x Vazão

MEDICIONES HISTÓRICAS - MONITOREO

EXTRACCIÓN O MEDICIONES PIEZOMÉTRICAS										
Fecha	Prof. nivel estático (m)	Caudal (m^3/h)	Prof. nivel dinámico (m)	Caudal específico (m^3/h/m)	Presión atmosf. (hPa)	Temperatura (ºC)	pH	Conductividad eléct. (S/cm)	Volumen acumulado	Descripción

USOS									
Fecha	Fuente contaminante cercana	Dist. estimada a fuente cont. (m)	Restricciones al uso	Tipo de uso $_1$	Uso directo $_1$	Tipo de uso $_2$	Uso directo $_2$	Tipo de uso $_3$	Uso directo $_3$

RÉGIMEN DE USO				
Fecha	Caudal medio diario (m^3/h)	Horas de uso al día	Días de uso mes	Meses de uso al año

Tipos de uso	Ej. de usos directos
Agua potable	*Balneario*
Industrial	*Indutria química*
Agrícola	*Agua caliente domiciliaria*
Recreación	*Fabricación de celulosa y papel*
Generación de energía	*Secado de Vegetales*
	Invernadero
	Cria de animales
	Procesamiento de alimentos
	Procesamiento de minerales
	Matadero-frigorífico

MUESTREO HIDROQUÍMICO									
Nº de muestra	Prof. de extracc. (m)	Caudal (m^3/h)	Prof. nivel dinámico (m)	Profundidad al niv. estático (m)	Código de muestra	Empresa	Fecha	Responsable	Observaciones

METODOLOGÍA DE EXTRACCIÓN Y ANÁLISIS			
Nº de muestra	Laboratorio FQ y Microb	Método de toma/Operativa - Conservación - Transporte - Método de análisis	Observaciones

RESULTADOS HIDROQUÍMICOS

1/3

RESULTADOS DE ANÁLISIS FISICO-QUÍMICOS

Nº de muestra	Fecha análisis	pH	Dureza Total (mg $CaCO_3$/l)	Potencial redox (mV)	Residuo seco (mg/l)	Alcalinidad (mg $CaCO_3$/l)	Temp. (°C)	Oxígeno dis. (mg/l)	% Sat. de Oxígeno	Sales totales disueltas (mg/l)	Conductividad eléct. (S/cm)

RESULTADOS DE ANÁLISIS FISICO-QUÍMICOS (Elementos mayores)

Nº de muestra	Fecha análisis	Ca^{2+} (mg Ca^{2+}/l)	Mg^{2+} (mg Mg^{2+}/l)	Na^+ (mg Na^+/l)	K^+ (mg K^+/l)	CO_3^{2-} (mg CO_3^{2-}/l)	HCO_3^- (mg HCO_3^-/l)	SO_4^{2-} (mg SO_4^{2-}/l)	Cl^- (mg Cl^-/l)	NO_3^- (mg NO_3^-/l)	NO_2^- (mg NO_2^-/l)	F^- (mg F^-/l)	Observaciones

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Nº de muestra	Fecha análisis	Coliformes totales (....../100ml)	Coliformes fecales (....../100ml)	Escherichia coli (....../100ml)	Pseudomona aeruginosa (.../100ml)	Virus (...../100ml)	Algas (...../100ml)	Observaciones

RESULTADOS DE ANÁLISIS FISICO-QUÍMICOS (Elementos trazas)

Nº de muestra	Fecha análisis	Al (g/l)	As (g/l)	Ba (g/l)	B (g/l)	Br (g/l)	Cd (g/l)	Cianuro (g/l)	Zn (g/l)	Cu (g/l)	Cr total (g/l)	Cr^{VI} (g/l)	Sr (g/l)	I (g/l)

Nº de muestra	Fe^{2+} (g/l)	Fe^{3+} (g/l)	Fe total (g/l)	Li (g/l)	Mn (g/l)	Hg (g/l)	Ni (g/l)	Ag (g/l)	Pb (g/l)	Sulfuro (g S /l)	Si (g/l)	Se (g/l)	Be (g/l)	Sc (g/l)

RESULTADOS HIDROQUÍMICOS

2/3

RESULTADOS DE ANÁLISIS FISICO-QUÍMICOS (Elementos trazas)

Nº de muestra	Ti (µg/l)	V (µg/l)	Co (µg/l)	Ga (µg/l)	Ge (µg/l)	Rb (µg/l)	Y (µg/l)	Zr (µg/l)	Nb (µg/l)	Mo (µg/l)	Ru (µg/l)
HGQ1	AG31	AG32	AG33	AG34	AG35	AG36	AG37	AG38	AG39	AG40	AG41

Nº de muestra	Pd (µg/l)	In (µg/l)	Sn (µg/l)	Sb (µg/l)	Te (µg/l)	Cs (µg/l)	La (µg/l)	Ce (µg/l)	Pr (µg/l)	Nd (µg/l)	Sm (µg/l)
HGQ1	AG42	AG43	AG44	AG45	AG46	AG47	AG48	AG49	AG50	AG51	AG52

Nº de muestra	Eu (µg/l)	Gd (µg/l)	Tb (µg/l)	Dy (µg/l)	Ho (µg/l)	Er (µg/l)	Tm (µg/l)	Yb (µg/l)	Lu (µg/l)	Hf (µg/l)	Ta (µg/l)
HGQ1	AG53	AG54	AG55	AG56	AG57	AG58	AG59	AG60	AG61	AG62	AG63

Nº de muestra	W (µg/l)	Re (µg/l)	Os (µg/l)	Pt (µg/l)	Au (µg/l)	Tl (µg/l)	Bi (µg/l)	Th (µg/l)	U (µg/l)		
HGQ1	AG64	AG65	AG66	AG67	AG68	AG69	AG70	AG71	AG72		

Nº de muestra	Observaciones
HGQ1	HGQ100

RESULTADOS HIDROQUÍMICOS

3/3

RESULTADOS DE ANÁLISIS FISICO-QUÍMICOS (Parámetros varios 1/2)

Nº de muestra	Fecha análisis	Sólidos tot. (mg/l)	Sólidos dis. (mg/l)	Sólidos susp. (mg/l)	Sólidos sedim.1h (mg/l)	Turbiedad (UTN)	Color (PtCo)	Presión atmosf. (mBar)	Salinidad (%)	DBO^5 (mg/l)	DQO (mg/l)

RESULTADOS DE ANÁLISIS FISICO-QUÍMICOS (Parámetros varios 2/2)

Nº de muestra	Fecha análisis	Fosforo R. Sol. (mg/l)	Fosforo hidrol. (mg/l)	Fosforo total (mg/l)	Cloro residual (mg/l)	Cloro libre (mg/l)	CO_2 libre (mg/l)	Nitrogeno Kjeldahl (mg/l)	$N\text{-}NO_2$ (mg/l)	$N\text{-}NO_3$ (mg/l)	$N\text{-}NO_4$ (mg/l)

ANÁLISIS ISOTOPICOS 1/2

Nº de muestra	Fecha análisis	Tipo de estación	Laboratorio	$0^{18}O$ (o/oo)	0-Deuterio (o/oo)	^{3}H-Tritio (UT)	Error ^{3}H-Tritio (UT)	$0^{13}C$ (o/oo)

ANÁLISIS ISOTOPICOS 2/2

Nº de muestra	Fecha análisis	$0^{14}C$ (o/oo)	$0^{14}C$ (pcm)	Error $0^{14}C$ (pcm)	$0^{34}S\text{-}SO_4$ (o/oo)	$0^{18}O\text{-}SO_4$ (o/oo)	$0^{15}N\text{-}NO_3$ (o/oo)	$0^{18}O\text{-}NO_3$ (o/oo)			

OBSERVACIONES

RESULTADOS COMPUESTOS ORGÁNICOS

COMPUESTOS ORGÁNICOS										
Nº de muestra	Fecha análisis	Trihalometanos (≅g/l)	Aldrin (≅g/l)	Dieldrin (≅g/l)	Carbono orgánico(≅g/l)	Benceno (≅g/l)	DDT (≅g/l)	Endrin (≅g/l)	Herpt (≅g/l)	Heptacloro (≅g/l)

COMPUESTOS ORGÁNICOS									
Nº de muestra	Fecha análisis	Hexaclorobenceno (≅g/l)	Epoxido (≅g/l)	Lindano (≅g/l)	Metoxicloro (≅g/l)	Pentaclorofenol (≅g/l)	Tetracloroetano (≅g/l)	Diclorofenol (≅g/l)	Triclorofenol (≅g/l)

COMPUESTOS ORGÁNICOS									
Nº de muestra	Fecha análisis	Hidrocarburos totales (≅g/l)	Detergentes (≅g/l)	Fenoles (≅g/l)	Naftaleno (≅g/l)	Hidroc. Aromat. polinucleares (≅g/l)	Hidroc. alifaticos polinucleares (≅g/l)	Beno-a-pireno (≅g/l)	Clordano (≅g/l)

COMPUESTOS ORGÁNICOS		
Nº de muestra	Fecha análisis	Observaciones

OBSERVACIONES

14 DEFINIÇÕES

A seguir se definem as denominações utilizadas no Manual.

Amostra de calha
Material fragmentado proveniente da perfuração, coletado em intervalos representativos das formações geológicas atravessadas

Aqüífero
Formação ou conjunto de formações geológicas capazes de armazenar e transmitir quantidades significativas de água

Bacia Hidrográfica
É uma unidade fisiográfica limitada por divisores topográficos que recolhe a precipitação, age como reservatório de água, defluindo-se em uma secção fluvial única, os exutórios. Os divisores da água, são as ristas das elevações topográficas que separam a drenagem da precipitação entre 2 bacias adjacentes.

Centralizador
Dispositivo externo à tubulação de revestimento, com a finalidade de permitir a centralização do mesmo dentro da perfuração e possibilitar que o espaço anular seja uniforme em toda a sua extensão, viabilizando o seu preenchimento (com pré-filtro ou outro material) também de forma uniforme, ao manter a eqüidistância entre a parede da perfuração e a coluna de revestimento.

Completação
É o conjunto de operações iniciadas após e perfuração e a perfilagem de um poço. Inclui a troca, ou não do fluido de perfuração pelo de completação, a descida da coluna de completação (tubos lisos e filtros), a injeção de pré-filtro, e a limpeza do poço, pela troca de fluido de completação por água.

Composição físico-química da água
Características físico-químicas da água subterrânea, com os teores presentes.

Cone de depressão
Rebaixamento do nível de água causada pelo movimento convergente da água no aqüífero quando bombeada, resultando em um cone de depressão em torno do poço. A sua forma e dimensão dependem das características hidráulicas do aqüífero e pode ser determinado a partir dos dados obtidos no teste de vazão.

14 DEFINICIONES

A continuación se definen los términos utilizados en el Manual.

Muestra de zaranda
Material fragmentado proveniente de la perforación, colectado en intervalos representativos de las formaciones geológicas atravesadas.

Acuífero
Formación o conjunto de formaciones geológicas capaces de almacenar y transmitir cantidades significativas de agua

Cuenca Hidrográfica
La cuenca hidrográfica se define como una unidad fisiográfica (superficie del terreno) en la cual el agua de lluvia que cae escurre a un punto común (Ej, al mismo río, lago, o mar). Los límites de la cuenca, llamada divisoria de aguas, corresponden a las partes más altas del área.

Centralizador
Dispositivo externo a la tubería de revestimiento, con la finalidad de permitir la centralización de la misma dentro de la perforación y posibilitar que el espacio anular sea uniforme e toda a su extensión, viabilizando su relleno (con pré-filtro u otro material) también de forma uniforme, al mantener la equidistancia entre la pared de la perforación y la columna de revestimiento.

Terminación
Es el conjunto de operaciones iniciadas posterior a la perforación y perfilaje de un pozo. Incluye el cambio o no del fluido de perforación por el de terminación, el descenso de la columna de terminación (tubos lisos y filtros), la inyección del pre-filtro, y la limpieza del pozo, por el cambio del fluido de terminación por agua.

Composición físico-química del agua
Características físico-químicas del agua subterránea, con los valores presentes.

Cono de descenso
Descenso del nivel de agua causado por el movimiento convergente del agua en el acuífero, cuando el mismo es bombeado, resultando en un cono de depresión en torno del pozo. Su forma y dimensión dependen de las características hidráulicas del acuífero y puede ser determinado a partir de los datos obtenidos en el ensayo de caudal.

Conjunto de bombeamento
É o conjunto de materiais e equipamentos utilizados para retirar a água do poço. De acordo com a necessidade e a disponibilidade de energia, podem ser utilizados, dentre outros:

- Bomba submersa ou de superfície acionada por energia elétrica, acoplada a tubulação de recalque (edução);
- Air-lift: Tubulações de edução de água, de ar e injetor acoplados a unidade de ar comprimido – compressor
- Sistema de êmbolos ou pistão acoplados a moinho, ou outras máquinas acionadas em superfície – não recomendado para o SAG

Contrafluxo
A expressão contrafluxo é utilizada quando da injeção (instalação) do pré-filtro no poço, imediatamente após a instalação da coluna de revestimento. O procedimento consiste na injeção de água através da coluna de perfuração (hastes), o que fará com que o fluído de perfuração seja deslocado em movimento ascendente pelo espaço anular (entre a coluna de haste e a perfuração). Ao processo de injeção do pré-filtro, seja por gravidade ou com o auxilio de algum dispositivo, contra um deslocamento de fluxo ascendente é denominado injeção no contrafluxo. Este procedimento reduz a possibilidade de segregação de partículas mais pesadas e também de formação de «ponte».

Desenvolvimento
Conjunto de operações – processos mecânicos e/ou químicos – que estimulam o fluxo de água do aqüífero para o poço. Deve ser executado desde o momento em que se inicia a colocação do pré-filtro no poço, ou seja imediatamente após a instalação da coluna de revestimento.

Espaço anular
É o espaço compreendido entre a parede do poço perfurado e a parede externa do revestimento aplicado. Geralmente está preenchido pelo material que constitui o pré-filtro, cimento ou argila. Quando preenchido por pré-filtro é também denominado de maciço filtrante.

Estratigrafia
Estudos das seqüências das camadas sedimentares ou meta sedimentares. Investiga as condições de sua formação e visa correlacionar os diferentes estratos no tempo geológico por meio do seu conteúdo fóssil ou estudos petrográficos.

Conjunto de bombeo
Es el conjunto de los materiales y equipamientos utilizados para retirar el agua del pozo. De acuerdo con la necesidad y la disponibilidad de energía, pueden ser utilizados, entre otros:

- *Bomba sumergible o de superficie accionada con energía eléctrica, acoplada a la tubería de impulsión;*
- *Air-lift: Tubería de impulsión de agua, aire e inyector acoplados a la unidad de aire comprimido – compresor*
- *Sistema de émbolos o pistón acoplados al molino, u otras máquinas accionadas en superficie – no recomendado para el SAG*

Contra-flujo
La expresión contra-flujo es utilizada cuando la inyección (instalación) del pre-filtro en el pozo, inmediatamente posterior a la instalación de la columna de revestimiento. El procedimiento consiste en la inyección de agua a través de la columna de perforación (barras), lo que conseguirá que el fluido de perforación sea trasladado en movimiento ascendente por el espacio anular (entre la columna de barras y la perforación). El proceso de inyección del pre-filtro, sea por gravedad o con o auxilio de algún dispositivo, contra un traslado de flujo ascendente es denominado inyección en contra-flujo. Este procedimiento reduce la posibilidad de segregación de partículas más pesadas y también de formación de «puente».

Desarrollo
Conjunto de operaciones – procesos mecánicos u/o químicos – que estimulan el flujo de agua del acuífero hacia el pozo. Debe ser ejecutado desde el momento en que se inicia la colocación del pre-filtro en el pozo, o sea inmediatamente posterior a la instalación de la columna de revestimiento.

Espacio anular
Es el espacio comprendido entre la pared del pozo perforado y la pared externa del revestimiento aplicado. Generalmente está relleno por el material que constituye el pre-filtro, cemento o arcilla. Cuando está lleno de pre-filtro es también denominado de macizo filtrante.

Estratigrafía
Estudios de las secuencias de las capas sedimentarias o meta sedimentarias. Investiga las condiciones de su formación y busca correlacionar los diferentes estratos en el tiempo geológico por medio de su contenido fósil o estudios petrográficos.

Filtros
Tubulação especialmente construída com o objetivo de permitir, o fluxo de água proveniente do aqüífero para o poço. Estes tubos são metálicos ou em PVC e são providos de aberturas ou ranhuras padronizada (perfurada, estampada ou espiralada) , estabelecidas de modo a reter as partículas sólidas que constituí o aqüífero.

Fiscal
Técnico legalmente habilitado com atribuição profissional específica em construção de poços para captação de água subterrânea, a serviço do contratante.

Formações Geológicas
Rochas ou grupos de rochas com extensão regional que ocorrem no solo e subsolo

Fluido de perfuração
Fluido composto de argila hidratável e/ou polímeros com aditivos químicos especiais utilizados na perfuração, com a finalidade de resfriar e lubrificar as ferramentas, transportar os resíduos de perfuração à superfície, estabilizar o furo impedindo desmoronamentos, controlar filtrações e espessura do reboco, inibir e encapsular argilas hidratáveis.

Furo piloto ou guia
Perfuração efetuada para obtenção de dados preliminares das características das rochas em sub superfícies. Em muitos casos, constituir a primeira etapa da construção de um poço.

Lacre
Dispositivo colocado no topo do revestimento que impede o ingresso de corpos estranhos, líquidos e outras substâncias que possam contaminar o poço e o aqüífero.

Litologia
Estudo dos diferentes tipos de rocha

Nível dinâmico (ND)
Medida do nível de água de um poço, em produção, relativa à superfície do terreno no local.

Nível estático (NE)
Medida do nível de água em um poço, em repouso, ou estancado, relativo a superfície do terreno no local.

Nível piezométrico
Nível piezométrico corresponde ao nível estático de um poço em repouso. Em aqüífero livre, onde o mesmo não está submetido a um diferencial de pressão, coincide com o nível do lençol freático (também denominado nível freático). Nos aqüíferos confinados, onde a água está submetida a

Filtros
Tubo especialmente construida con el objetivo de permitir el flujo de agua proveniente del acuífero hacia el pozo. Estos tubos son metálicos o en PVC y son provistos de aberturas o ranuras patrón (perforada, estampada o espiralada), establecidas de modo de retener las partículas sólidas que constituyen el acuífero.

Fiscal
Técnico legalmente habilitado con atribución profesional específica en construcción de pozos para captación de agua subterránea, al servicio del contratante.

Formaciones Geológicas
Rocas o grupos de rocas con extensión regional que ocupan el suelo y subsuelo

Fluido de perforación
Fluido compuesto de arcilla hidratada y/o polímeros con aditivos químicos especiales utilizados en la perforación, con la finalidad de enfriar y lubricar las herramientas, transportar los residuos de perforación a la superficie, estabilizar el pozo impidiendo desmoronamientos, controlar filtraciones y espesor de revoque, inhibir y encapsular arcillas hidratadas.

Orificio piloto o guía
Perforación efectuada para obtención de datos preliminares de las características de las rocas en sub superficie. En muchos casos, constituye la primera etapa de construcción de un pozo.

Lacre
Dispositivo colocado en la parte superior del revestimiento que impide el ingreso de cuerpos extraños, líquidos y otras sustancias que pueden contaminar el pozo y el acuífero.

Litología
Estudio de los diferentes tipos de roca

Nivel dinámico (ND)
Medida del nivel de agua de un pozo, en producción, relativa a la superficie del terreno del lugar.

Nivel estático (NE)
Medida del nivel de agua en un pozo, en reposo o estancado, relativo a la superficie del terreno del lugar.

Nivel piezométrico
Nivel piezométrico corresponde al nivel estático de un pozo en reposo. En acuífero libre, donde el mismo no está sometido a una diferencia de presión, coincide con el nivel de la napa freática (también denominado nivel freático). En los acuíferos confinados, donde el agua está sometida a una determinada

uma determinada pressão, decorrente das diferenças do gradiente hidráulico existente entre a área de recarga e a área de observação (excluindo-se as perdas de carga), este nível corresponderá a altura em que o mesmo poderia atingir. No caso de poços onde a pressão é tal que signifique a possibilidade de superar a superfície do terreno (devido pressão positiva do aqüífero), teremos poços surgentes.

Pellets de argila expansiva
Grânulos de argila desidratada, processada industrialmente para retardar a expansão quando em contato com água.

Perfilagem elétrica e radiotiva
Medição de parâmetro físico e radiativos das formações geológicas, realizadas com ferramentas específicas descidas no interior do poço e impressas em formulário contínuo.

Perfilagem ótica
Filmagem das paredes internas do poço, ou revestimento, realizada com equipamento de vídeo especial através de descida no interior do poço, com tomadas laterais e de fundo.

Perfuração
Procedimento de perfurar o solo e formações adjacentes, executado com sonda perfuratriz. O diâmetro e profundidade são funções da necessidade, disponibilidade hídrica e da geologia.

Pistoneamento ou Plungeamento
Processo mecânico de desenvolvimento dos poços, realizado através de coluna de perfuração à percussão, com emprego de um plunge ou pistão com válvulas, atingindo diretamente num intervalo filtrante.

Poço de Pesquisa
Poço perfurado com a finalidade de avaliar a geologia, litologia e a capacidade hidrodinâmica do(s) aqüífero(s).

Poço Tubular
Obra de engenharia hidrogeológica, de acesso a um ou mais aqüíferos, definidos por estudos hidrogeológicos que objetivam a captação de água subterrânea. É executada por sonda perfuratriz, mediante perfuração vertical com diâmetro mínimo de 101,6 mm (4"). Em função da necessidade ou das condicionantes geológicas de cada local, poderá requerer aplicação parcial ou total de coluna de revestimento (aço, PVC etc).

Pré-Filtro
Material sedimentar, granulométricamente selecionado, predominante quartzoso, aplicado no espaço anular entre a

presión, proveniente de las diferencias de gradiente hidráulico existente entre el área de recarga y el área de observación (excluyéndose las pérdidas de carga), éste nivel corresponderá a la altura a la que pueda alcanzar el agua. En el caso de pozos donde la presión es tal que pueda superar la superficie del terreno (debido a la presión positiva del acuífero), se tendrán pozos surgentes.

Pellets de arcilla expansiva
Gránulos de arcilla des-hidratada, procesada industrialmente para retardar la expansión cuando la arcilla entra en contacto con el agua.

Perfilaje eléctrico y radioactivo
Medición de parámetros físicos y radiactivos de las formaciones geológicas, realizadas con herramientas específicas introducidas en el interior del pozo y registrando en forma continua.

Perfilaje óptico
Filmación de las paredes internas del pozo, o del revestimiento, realizada con equipamiento de video especial a través del descenso en el interior del pozo, con toma lateral y de fondo.

Perforación
Procedimiento de perforar el suelo y las formaciones adyacentes, ejecutado con sonda perforadora. El diámetro y la profundidad son función de la necesidad, disponibilidad hídrica y de la geología.

Pistoneamiento
Proceso mecánico de desarrollo de pozos, realizado a través de columna de perforación a percusión, con empleo de un pistón con válvulas, realizado directamente en el intervalo filtrante.

Pozo de Investigación
Pozo perforado con la finalidad de evaluar la geología, litología y la capacidad hidrodinámica de el/los acuífero(s).

Pozo Tubular
Obra de ingeniería hidrogeológica, de acceso a uno o más acuíferos, definidos por estudios hidrogeológicos que tienen por objetivo la captación de agua subterránea. Es ejecutado por sonda perforadora, mediante perforación vertical con diámetro mínimo de 101,6 mm (4"). En función de la necesidad o de las condicionantes geológicas de cada lugar, podrá requerir la aplicación parcial o total de columna de revestimiento (acero, PVC, etc.).

Pre-Filtro
Material sedimentario, granulométricamente seleccionado, predominantemente cuarzoso, aplicado en el espacio anular

perfuração e a coluna de revestimento (tubos e filtros) e que tem como objetivo reter hidraulicamente as partículas da área produtora – aqüífero.
Propriedades Tixotrópicas
Capacidade de mudança reversível da viscosidade em certos sedimentos por influência mecânica. Material tixotrópico por excelência, pode ser empregado em fluídos de perfuração. É o caso do fluido a base de bentonita.

Raio de influência
É igual ao raio da área de influência máxima do cone de depressão gerado no poço bombeado

Reabertura
Perfuração á partir do furo guia já realizado até um diâmetro tal que aja possibilidade de se efetuar a aplicação da coluna de revestimento e do pré-filtro no poço.

Rebaixamento
Diferença entre os níveis estáticos e dinâmicos durante o bombeamento

Retrolavagem
Operação de injeção de água em um filtro com o objetivo de limpa-lo. Correspondente a parte da operação de contrafluxo, através da qual se objetiva uma redução da densidade e da viscosidade do fluído, melhorando as condições para a injeção do pré-filtro, ou ainda a redução da espessura do «reboco» (que se forma durante a perfuração, pelo depósito de sólidos e colóides na parede do poço), o que melhorará as condições de desenvolvimento ao término da instalação da coluna de revestimento e do pré-filtro.

Revestimento
Tubulação com diâmetro e composição variados, aplicada na perfuração, com finalidade de sustentar as paredes do poço em formações inconsolidades e desmoronantes, manter a estanqueidade, isolar camadas indesejáveis e aproveitar camadas produtoras.

Rocha Cristalina
Agregado natural formado de um ou mais minerais, que constitui parte essencial da crosta terrestre, de origem magmática ou metamórfica, com variados graus de dureza, normalmente alto.

Rocha Sedimentar
Agregado mineral originado da erosão/alteração, transporte, deposição ou precipitação e diagênese de qualquer tipo de rocha.

entre la perforación y la columna de revestimiento (tubos y filtros) y que tiene como objetivo retener hidráulicamente las partículas del área productora – acuífero.
Propiedades Tixotrópicas
Capacidad de cambio reversible de la viscosidad en ciertos sedimentos por influencia mecánica. Material tixotrópico por excelencia, puede ser empleado en fluidos de perforación. Es el caso del fluido a base de bentonita

Radio de influencia
Es igual al radio de área de influencia máxima del cono de depresión generado por el pozo bombeado.

Reapertura
Perforación a partir de orificio guía ya realizado hasta un diámetro tal que haya posibilidad de efectuar la aplicación de la columna de revestimiento y del pre-filtro en el pozo.

Descenso
Diferencia entre los niveles estáticos y dinámicos durante el bombeo.

Retro-lavado
Operación de inyección de agua en un filtro con el objetivo de limpiarlo. Correspondiente a parte de la operación de contra-flujo, a través de la cual se logra una reducción de la densidad y de la viscosidad del fluido, mejorando las condiciones para la inyección del pre-filtro, o aún la reducción de el espesor del «revoque» (que se forma durante la perforación, por el depósito de sólidos y coloides en la pared del pozo), lo que mejorará las condiciones de desarrollo al término de la instalación de la columna de revestimiento y del pre-filtro.

Revestimiento
Tubería con diámetro y composición variados, aplicada en la perforación, con la finalidad de sustentar las paredes del pozo en formaciones no consolidadas y con posibilidad de desmoronamiento, mantener la estanqueidad, aislar estratos indeseables y aprovechar los estratos productores.

Roca Cristalina
Agregado natural formado de uno o más minerales, que constituyen parte esencial de la corteza terrestre, de origen magmática o metamórfica, con variados grados de dureza, normalmente alto.

Roca Sedimentaria
Agregado mineral originado de la erosión/alteración, transporte, depositación o precipitación y diagénesis de cualquier tipo de roca.

Selamento
Isolamento através preenchimento do espaço anular entre a perfuração e a coluna de revestimento com cimento e/ou pallets de argila expansiva, ou outra técnica que evite a percolação de águas superiores pela parede externa do revestimento.

Surgência
Fenômeno de produção expontânea da água, , provocado pela pressão positiva do aqüífero confinado (onde a pressão é maior que a pressão atmosférica). Quando o nível piezométrico (linha piezométrica) do aqüífero é mais elevado que a cota do terreno, se tem o fenômeno da surgência.

Tamponamento
Preenchimento de perfurações improdutivas e ou abandonadas. Em toda a sua extensão será aplicado material inerte (pasta de cimento ou pellets de argila expansiva, quando na dependência da qualidade da água, isto for possível), com a finalidade de impedir acidentes e a contaminação dos aqüíferos.

Teste de alinhamento
Verificação do perfil retilíneo de um poço

Teste de aqüífero
Procedimento para avaliar as características hidrodinâmicas do aqüífero

Teste de vazão
Ensaio de bombeamento realizado em um poço tubular profundo e/ou sistema de poços, com o objetivo de determinar as características hidrodinâmicas do(s) poço(s) e do aqüífero, além de permitir o dimensionamento adequado das condições de explotação.

Teste de verticalidade
Verificação do prumo de um poço

Tubo de boca ou de proteção sanitária (condutor)
Tubulação de aço com diâmetro compatível, instalados nas camadas iniciais, com a finalidade de isolar e manter a boca do poço durante os trabalhos de perfuração.

Vazão
Volume de água extraído do poço por unidade de tempo

Vazão de explotação
Vazão ótima que visa o aproveitamento técnico e econômico do poço, fica situada no limite do regime laminar e deve ser definida pela curva característica do poço (curva-vazão/ rebaixamento)

Sellado
Aislamiento a través del relleno completo del espacio anular entre la perforación y la columna de revestimiento con cemento y/o pellets de arcilla expansiva, u otra técnica que evite la percolación de aguas superiores por la pared externa del revestimiento.

Surgencia
Fenómeno de producción espontánea de agua, provocado por la presión positiva del acuífero confinado (donde la presión es mayor que la presión atmosférica). Cuando el nivel piezométrico (línea piezométrica) del acuífero es más elevada que la cota del terreno, se dá el fenómeno de surgencia.

Tamponamiento
Rellenar completamente las perforaciones improductivas y/ o abandonadas. En toda su extensión será aplicado material inerte (pasta de cemento o pellets de arcilla expansiva, cuando dependiendo de la calidad del agua esto fuera posible), con la finalidad de impedir accidentes y la contaminación de los acuíferos.

Ensayo de alineamiento
Verificación del perfil rectilíneo de un pozo

Ensayo de acuífero
Procedimiento para evaluar las características hidrodinámicas del acuífero

Ensayo de caudal
Ensayo de bombeo realizado en un pozo tubular profundo y/ o sistema de pozos, con el objetivo de determinar las características hidrodinámicas del(de los) pozo(s) y del acuífero, además de permitir el dimensionado adecuado de las condiciones de explotación.

Ensayo de verticalidad
Verificación de la verticalidad de un pozo

Tubo de boca o de protección sanitaria
Tubería de acero con diámetro compatible, instalado en los estratos iniciales, con la finalidad de aislar y mantener la boca del pozo durante los trabajos de perforación.

Caudal
Volumen de agua extraído del pozo por unidad de tiempo

Caudal de explotación
Caudal óptimo que posibilita el aprovechamiento técnico y económico del pozo, se encuentra situado en el límite del régimen laminar y debe ser definido por la curva característica del pozo (curva-caudal/descenso).

15 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS / *REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

- Projeto de Poço tubular para captação de Água Subterrânea – NBR 12.212 – ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas –
- Construção de Poço Tubular para captação de água Subterrânea – NBR 12.244 – ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- Projeto e Construção de Poços tubulares Profundos – Ivanir Borella Mariano – DAEE – São Paulo
- Manual de Perfuração de Poços – DH Perfuração de Poços – Em Edição – 2005
- UOP Johnson Division – USA – 1978 – Água Subterrânea e Poços Tubulares - 3ª edição – CETESB, SP – Br
- UOP Johnson Division- USA – Groundwater and Wells, 1989 – 2ª Edição – Saint Paulo, Minnesota, USA
- Filtros e Tubos de Revestimento em PVC para Poços Tubulares Profundos – NBR 13604 e NBR 13605 – ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- Manual de Perfuração – Associação Australiana de Águas Subterrâneas – 1991
- Rebouças, A.C., 1996 –Diagnóstico do Setor de Hidrogeologia, ABAS/PADCT-MCT/GT-GTM, Cadeerno Técnico ABAS nº 4, São Paulo
- Mestrinho S.S.P. (1994) Fundamentos da Hidrogeoquímica –Curso Pré Congresso Metodologia de Evaluacion de Sistenas Aqüíferos, 2º Congresso Latino Americano de Hidrologia Subterrânea, Santiago – Chile
- Água Subterrânea – Poços Tubulares – V.6 – Desenvolvimento e Testes de Bombeamento – SABESP – São Paulo, 1984 – Biblioteca Nacional.
- Cooper, H.H, Jacob, C, E. A Generalized graphycal method for evoluating formation constants and sum-maring wells field story. Transaction am geophysical, v.27, p, 526 a 534/1946
- Theis, C.V. The relation between the lowering of the piezometrique surface and the rate and duration of discharge of a well using ground-water storage. Trans Am.Geophys. Union, 16th ann meeting, part 2 -1935
- Custódio, E. , LLamas, M.R. (1983) « Hidrologia Subterrânea» 2ª edição – Ediciones Omega S.A. , Barcelona
- Manual de Operação e Manutenção de Poços – DAEE – SP - 2ª Edição – 1982, Eng. Antonio Ferrer Jorba, Geólogo Gerôncio Albuquerque Rocha
- Projeto e Construção de Poços Tubulares Profundos - Mariano, Ivanir Borella – DAEE – S.Paulo.

- Águas Subterrâneas e Poços Tubulares – São Paulo, DH Perfuração de Poços Ltda, 2005 – Valter G. Gonçales et al, em editoração

- Formulaire du Foreur – Éditions Technip – Paris – 1974

- Handbook of Ground Water Development – Roscoe Moss Company – Los Angles – California – 1990

- Metodologia de abondono de poços (lacração) – preservação do manancial subterrâneo – SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - 2005

- Pratical Use and Aplication of Geophysical Logs for Hidrological and Environmental Projcts – Brian R. Peterson – Century Geophysical Corp.

  USGS – Borehole Geophysical Applied To Ground-Water Investigations – Livro 2 – Capitulo E2. 1990.

- Normas Técnicas de Construcción de Pozos Profundos, Cap. 3, pp 7-8, Proyecto SAG - Piloto Concordia - Salto - Dic. 2005 - disponible en www.sg-guarani.org